



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO MANABÍ – EXTENSIÓN**

**PEDERNALES**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS**

**Carrera de Biología**

**TÍTULO:**

“EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA SIMBIÓTICA CON POLVILLO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA*) Y MELAZA PARA CONTROL DE AMONIO EN EL CAMARÓN BLANCO (*LITOPENAEUS VANNAMEI*)”. 2025.

**AUTOR:**

**CARRIÓN GUADAMUD JORGELY JESÚS**

**TUTOR:**

**ING. MENDIETA VIVAS RENATO JONNATAN, Mgs.**

**PEDERNALES – ECUADOR**

**2025**

## CERTIFICACIÓN

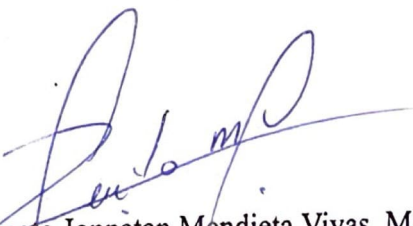
En la calidad de docente tutor de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí" CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante **Carrión Guadamud Jorgely Jesús**, bajo la opción de titulación del trabajo de investigación, con el tema: **"EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA SIMBIÓTICA CON POLVILLO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA*) Y MELAZA PARA CONTROL DE AMONIO EN EL CAMARÓN BLANCO (*LITOPENAEUS VANNAMEI*)"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en el apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lo certifico.



Ing. Renato Jonnatan Mendieta Vivas, Mgs.

**TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## CERTIFICACION DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION

El tribunal evaluador Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA SIMBIÓTICA CON POLVILLO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA*) Y MELAZA PARA CONTROL DE AMONIO EN EL CAMARÓN BLANCO (*LITOPENAEUS VANNAMEI*)”.**

Realizado y concluido por la Srta. Carrión Guadamud Jorgely Jesús, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

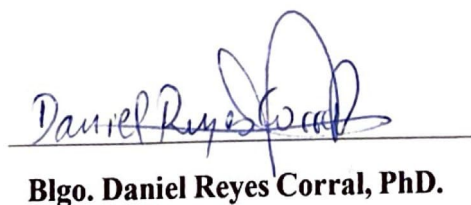
Pedernales, 05 de septiembre del 2025.

Para dar testimonio y autenticidad firman:



Ing. Derli Alava Rosado, PhD.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blgo. Daniel Reyes Corral, PhD.

**Miembro del tribunal**



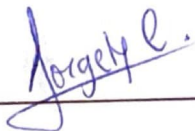
Ing. Quim. María Santana Faubla, MSc.

**Miembro del tribunal**

## **DERECHOS DE AUTORIA**

Yo, Carrión Guadamud Jorgely Jesús, con cedula de ciudadanía N° 0958468787, declaro que el presente trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA SIMBIÓTICA CON POLVILLO DE ARROZ (ORYZA SATIVA) Y MELAZA PARA CONTROL DE AMONIO EN EL CAMARÓN BLANCO (LITOPENAEUS VANNAMEI)”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ellos me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

A handwritten signature in blue ink, reading "Jorgely E.", is written over a horizontal line.

**Carrión Guadamud Jorgely Jesús**

**C.C.: 0958468787**



## **DEDICATORIA**

Le dedico en primer lugar a Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente de inspiración durante todo este camino académico por hacer posible todo esto, porque sin el no hubiese sido posible. En segunda lugar y la más importante a mi madre Rosa Fanny Guadamud Vargas, quien, con su amor incondicional, apoyo constante y ejemplo de perseverancia, estuvo a mi lado en cada momento, brindándome aliento y confianza.

A mi pareja Ronald Joao Caicedo por estar conmigo desde el inicio hasta el final de este proceso, acompañándome con paciencia, motivación y apoyo incondicional.

Y a mí misma, por no rendirme, por cada esfuerzo realizado y por demostrarme que los objetivos pueden alcanzarse con disciplina y determinación.

Con todo mi cariño y gratitud, esta tesis está dedicada a ustedes.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi madre Rosa Guadamud Vargas, a mi familia, especialmente a mi hermano Enrique Carrión Guadamud y al resto de mi familia quienes aún desde la distancia, me acompañaron con su afecto y motivación constante.

A mis amistades y compañeros que me acompañaron en este largo camino, brindándome su apoyo gracias no solo por el apoyo en clases y laboratorios, sino también por estar fuera de la universidad: en los trayectos, las prácticas, las madrugadas, los consejos, las risas y el ánimo cuando hizo falta. Su compañerismo y disposición para ayudar hicieron más llevadero el camino y enriquecieron mi formación profesional y humana. Este logro también es de ustedes.

A mis docentes y a todos quienes formaron parte de mi formación profesional, por su dedicación y por último a los dueños y a la camaronera ERINAMAR donde se desarrolló esta investigación, por su valiosa colaboración, confianza y las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

## RESUMEN

En la camaronicultura, el manejo del nitrógeno amoniacal continúa siendo un reto que condiciona la calidad del agua y el desempeño productivo. Este trabajo evaluará si la activación de bacterias nitrificantes mediante la adición de polvillo de arroz y melaza reduce el amonio y, al mismo tiempo, favorece el crecimiento y la rentabilidad en comparación con un manejo basado en NTS-6. Para ello se desarrollará un estudio comparativo de ocho semanas en dos estanques, con seguimiento semanal de parámetros de agua (pH, temperatura, salinidad, conductividad/TDS y oxígeno disuelto), registro de biomasa/peso del camarón y contraste del amonio en suelo antes y después del ciclo. Se aplicarán análisis estadísticos apropiados para comparar el peso final entre tratamientos, explorar la relación entre la calidad del agua y el desempeño zootécnico, y realizar una evaluación económica costo-beneficio basada en insumos y producción. El estudio generará evidencia técnica y económica para decidir si la incorporación de fuentes de carbono como estrategia de activación de nitrificantes es viable y ventajosa en sistemas intensivos de *Litopenaeus vannamei*, y ofrecerá criterios prácticos de manejo (dosificación de carbono, aireación, control de pH y monitoreo operativo) orientados a optimizar el control de amonio, el crecimiento y la utilidad del cultivo.

**Palabras clave:** *Litopenaeus vannamei*; bacterias nitrificantes; polvillo de arroz; melaza; amonio; rentabilidad.

## ABSTRACT

In intensive farming, managing ammonia nitrogen remains a challenge that conditions water quality and production performance. This study will assess whether activating nitrifying bacteria through the addition of rice bran and molasses reduces ammonia while enhancing growth and profitability compared with an NTS-6-based management. A comparative eight-week study will be conducted in two ponds, with weekly monitoring of water parameters (pH, temperature, salinity, conductivity/TDS, and dissolved oxygen), records of shrimp biomass/weight, and a before–after soil ammonia contrast. Appropriate statistical analyses will be applied to compare final body weight between treatments, explore the relationship between water quality and zootechnical performance, and carry out a cost–benefit economic evaluation based on inputs and production. The study will generate technical and economic evidence to determine whether incorporating carbon sources as a strategy to activate nitrifiers is viable and advantageous in intensive *Litopenaeus vannamei* systems, and will offer practical management guidelines (carbon dosing, aeration, pH control, and operational monitoring) aimed at optimizing ammonia control, growth, and profitability.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*; nitrifying bacteria; rice bran; molasses; ammonia; profitability.



## INDICE

|        |                                                                          |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACION .....                  | 1  |
| 1.1    | Introducción .....                                                       | 1  |
| 1.2    | Planteamiento del problema.....                                          | 2  |
| 1.2.1  | Identificación de variables.....                                         | 3  |
| 1.2.2  | Formulación del problema.....                                            | 4  |
|        | H0: .....                                                                | 5  |
|        | H1: .....                                                                | 5  |
| 1.3    | Objetivos del proyecto .....                                             | 6  |
| 1.4    | Justificación del proyecto .....                                         | 7  |
| 1.5    | Marco teórico .....                                                      | 8  |
| 1.5.1  | La camaronicultura .....                                                 | 8  |
| 1.5.2  | El camarón blanco ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....                   | 10 |
| 1.5.3  | Clasificación taxonómica del camarón ( <i>Litopenaus vannamei</i> )..... | 10 |
| 1.5.4  | Generación de residuos en las piscinas camaroneras.....                  | 11 |
| 1.5.5  | Amonio .....                                                             | 12 |
| 1.5.6  | Amonio y Nitritos.....                                                   | 13 |
| 1.5.7  | Nitrógeno amoniacal total.....                                           | 13 |
| 1.5.8  | Toxicidad del amonio .....                                               | 14 |
| 1.5.9  | Ciclo del Nitrógeno.....                                                 | 15 |
| 1.5.10 | Control de amonio .....                                                  | 16 |
| 1.5.11 | Calidad del agua .....                                                   | 16 |
| 1.5.12 | Temperatura.....                                                         | 16 |
| 1.5.13 | Potencial de Hidrogeno (pH).....                                         | 17 |
| 1.5.14 | Conductividad eléctrica .....                                            | 18 |



|        |                                                                    |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.15 | Solidos disueltos totales.....                                     | 18 |
| 1.5.16 | Salinidad (ppt) .....                                              | 18 |
| 1.5.17 | Calidad del suelo .....                                            | 19 |
| 1.5.18 | Tecnología simbiótica.....                                         | 20 |
| 1.5.19 | Tecnología simbiótica para cultivos .....                          | 20 |
| 1.5.20 | Polvillo de arroz.....                                             | 20 |
| 1.5.21 | Melaza .....                                                       | 22 |
| 1.5.22 | Uso de melaza en acuicultura .....                                 | 23 |
| 1.5.23 | La biorremediación.....                                            | 24 |
| 1.5.24 | Bacterias para degradar materia orgánica.....                      | 25 |
| 1.5.25 | Bacteria NTS-6 .....                                               | 26 |
| 1.5.26 | Bacteria Hgs7 .....                                                | 26 |
| 1.5.27 | Biomasa .....                                                      | 27 |
| 2      | CAPITULO 2. DESARROLLO METODOLOGICO (MATERIALES Y MÉTODOS).....    | 28 |
| 2.1    | Enfoque de la investigación.....                                   | 28 |
| 2.2    | Diseño de la investigación .....                                   | 28 |
| 2.3    | Materiales y métodos.....                                          | 30 |
| 2.3.1  | Ubicación del área de estudio .....                                | 30 |
| 2.3.2  | Manejo del sistema. ....                                           | 31 |
| 2.3.3  | Unidad experimental y tratamientos.....                            | 31 |
| 2.3.4  | Réplicas y esquema de muestreo .....                               | 32 |
| 2.3.5  | Variables y medición .....                                         | 32 |
| 2.3.6  | Recolección de muestra de suelo antes y después de la siembra..... | 32 |
| 2.3.7  | Preparación de las bacterias.....                                  | 33 |

|                                         |                                                                                                                                      |    |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.8                                   | Biomasa del camarón.....                                                                                                             | 33 |
| 2.3.9                                   | Análisis Económico por Tratamiento .....                                                                                             | 34 |
| CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION..... |                                                                                                                                      | 35 |
| 3.1.                                    | Resultados de métodos y técnicas de investigación utilizadas .....                                                                   | 35 |
| 3.1.1.                                  | Análisis Estadísticos descriptivos de parámetros de agua suelo y biomasa con su peso promedio (g) por semana según tratamiento ..... | 35 |
| 3.1.2.                                  | Intervalos de confianza al 95% (IC95%) por semana y tratamiento .....                                                                | 38 |
| 3.1.3.                                  | Coeficiente de correlación (r) entre parámetros de agua y biomasa semanal                                                            | 41 |
| 3.1.4.                                  | Representación gráfica entre los parámetros fisicoquímicos del agua vs la biomasa                                                    | 42 |
| 3.1.5.                                  | Gráficos de Dispersión con ajustes regresión lineal .....                                                                            | 43 |
| 3.1.6.                                  | Biomasa, supervivencia y mortalidad.....                                                                                             | 49 |
| 3.1.7.                                  | Amonio en el suelo antes y después de la cosecha.....                                                                                | 52 |
| 3.1.8.                                  | Establecer los costos de producción del cultivo semi intensivo .....                                                                 | 54 |
|                                         | Costos de producción por dos meses de cultivo .....                                                                                  | 54 |
| 3.1.9.                                  | Análisis costo-beneficio en el estudio .....                                                                                         | 55 |
| 3.2.                                    | Discusión.....                                                                                                                       | 57 |
| 3.3.                                    | Conclusión .....                                                                                                                     | 58 |
| 3.4.                                    | Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación...                                                         | 59 |
| 3.5.                                    | RECOMENDACIONES.....                                                                                                                 | 60 |
| 3.6.                                    | Referencias bibliográficas.....                                                                                                      | 61 |
| 3.7.                                    | ANEXOS .....                                                                                                                         | 68 |

## INDICE DE TABLA

|           |                                                                                                         |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.  | Composición nutricional del polvillo de arroz utilizado en la acuicultura. ...                          | 21 |
| Tabla 2.  | Batimetría de las 2 piscinas estudiadas.....                                                            | 31 |
| Tabla 3.  | Estadísticos descriptivos de parámetros de agua según tratamiento.....                                  | 36 |
| Tabla 4.  | Estadísticos descriptivos de parámetros de suelo antes y después del ciclo<br>cultivo .....             | 36 |
| Tabla 5.  | Estadísticos descriptivos del peso promedio de camarón (g) por semana por el<br>tratamiento NTS-6 ..... | 37 |
| Tabla 6.  | Estadísticos descriptivos del peso promedio de camarón (g) por semana por el<br>tratamiento HSG7 .....  | 38 |
| Tabla 7.  | .Coeficiente de correlación (r) entre parámetros de agua y biomasa semanal<br>.....                     | 42 |
| Tabla 8.  | Cálculo de biomasa, supervivencia y mortalidad .....                                                    | 50 |
| Tabla 9.  | Concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en suelo antes y después de la cosecha ...                  | 53 |
| Tabla 10. | Costos de producción.....                                                                               | 54 |
| Tabla 11. | Análisis Económico por Tratamiento .....                                                                | 56 |

## INDICE DE GRAFICOS

|            |                                                                                         |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafico 1. | Reporte de exportaciones ecuatorianas totales de camarón.....                           | 9  |
| Grafico 2. | Camarón Blanco <i>Penaeus Vannamei</i> .....                                            | 11 |
| Grafico 3. | Ciclo del nitrógeno en una piscina (dibujo simplificado).....                           | 15 |
| Grafico 4. | Usos de la melaza en los cultivos de camarones.....                                     | 23 |
| Grafico 5. | Ventajas (+) y desventajas (-) de melaza (carga bacteriana) para la<br>acuicultura..... | 24 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafico 6. Evolución semanal del peso promedio de camarón por tratamiento en la piscinal1..... | 39 |
| Grafico 7. Evolución semanal del peso promedio de camarón por tratamiento en la piscina2 ..... | 40 |
| Grafico 8. pH vs Biomasa Promedio NTS-6 (Piscina 1) .....                                      | 43 |
| Grafico 9. pH vs biomasa HGS-7 (Piscina 2) .....                                               | 44 |
| Grafico 10. Temperatura (°C) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1) .....                                | 44 |
| Grafico 11. Temperatura (°C) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2).....                                 | 45 |
| Grafico 12. Conductividad (mS/cm) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1).....                            | 46 |
| Grafico 13. Conductividad (mS/cm) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2).....                            | 46 |
| Grafico 14. TDS (ppm) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1) .....                                       | 47 |
| Grafico 15. TDS (ppm) vs biomasa HSG-7 (Piscina 2).....                                        | 48 |
| Grafico 16. Salinidad (ppt) vs biomasa — NTS-6 (Piscina 1).....                                | 48 |
| Grafico 17. Salinidad (ppt) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2) .....                                 | 49 |
| Grafico 18. Biomasa final (kg) por tratamiento .....                                           | 51 |
| Grafico 19. Supervivencia (%) por tratamiento .....                                            | 52 |
| Grafico 20. Mortalidad (%) por tratamiento .....                                               | 52 |
| Grafico 21. Reducción de amonio en suelo antes y después del cultivo.....                      | 53 |

## INDICE DE ANEXOS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Bacteria NTS-6 y Bacteria HGS-7.....                                       | 68 |
| Anexo 2. Recolección de lodo en el suelo camaronero .....                           | 68 |
| Anexo 3. Muestra de suelo rotulados antes y después de la cosecha .....             | 69 |
| Anexo 4. Melaza y polvillo de arroz .....                                           | 69 |
| Anexo 5. Preparación para la activación de la bacteria HSG-7 y medición de pH ..... | 69 |
| Anexo 6. Preparación para la activación de bacteria segunda dosis .....             | 70 |



|           |                                                                           |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 7.  | Monitoreo de parámetros de agua.....                                      | 70 |
| Anexo 8.  | Lances de atarraya y pesaje del camarón para la biomasa.....              | 70 |
| Anexo 9.  | Resultados de análisis de suelo antes de la siembra en piscina 1 .....    | 71 |
| Anexo 10. | Resultados de análisis de suelo antes de la siembra en la piscina 2 ..... | 72 |
| Anexo 11. | Resultados de análisis después de la cosecha en la piscina 1 .....        | 73 |
| Anexo 12. | Resultados de análisis después de la cosecha en la piscina 2 .....        | 74 |

# 1 CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACION

## 1.1 Introducción

En contraste, en los sistemas de cultivo extensivos, las concentraciones de compuestos nitrogenados suelen mantenerse en niveles bajos y tolerables para *Litopenaeus vannamei*, lo que reduce los riesgos asociados al manejo de la calidad del agua. (Velasquez et al, 2023).

El amonio constituye un desecho nitrogenado que representa un factor de estrés ambiental especialmente relevante en los sistemas intensivos de cultivo de camarón. Su presencia provoca alteraciones fisiológicas notables, como el aumento en el consumo de oxígeno, la desestabilización de la homeostasis y la inmunosupresión, lo que repercute negativamente en el crecimiento, la salud y la supervivencia de los organismos. (Abdulrahman & Ahmed, 2016).

Las bacterias nitrificantes son aliadas clave en este proceso, gracias a su actividad bioquímica, convierten el amonio en compuestos menos dañinos, lo que estabiliza el ecosistema algo vital en sistemas cerrados, donde la acumulación de amonio puede salirse de control. Entender y manejar estas reacciones microbianas es, por tanto, un pilar para que el cultivo de camarón sea productivo y sostenible.

Hoy en día, la acuicultura ya no es solo “criar peces y camarones”: es una disciplina científica y tecnológica de gran impacto que mezcla biología, ingeniería, economía y gestión empresarial. Esta combinación de saberes ha permitido que el sector avance a pasos agigantados.

No obstante, es dentro de las ciencias biológicas en áreas como la fisiología, la genética, la ecología, la patología y la biotecnología donde se marca una huella más profunda e indiscutible en el desarrollo y mejora ontogénica de los organismos cultivados

La incorporación y uso de tecnologías simbióticas, que integran la utilización de microorganismos útiles con materiales orgánicos como el polvo de arroz (*Oryza sativa*) y la melaza, surge como una opción innovadora y sostenible en la evolución de la acuicultura contemporánea. Estos sistemas favorecen y promueven procesos biológicos clave, destacando la nitrificación y la asimilación microbiana.

## 1.2 Planteamiento del problema

En los sistemas de cultivos intensivos de camarón, como las camaroneras, el control de la calidad del agua es crucial para asegurar la salud y crecimiento óptimo de los camarones. Uno de los grandes dolores de cabeza en las camaroneras es que el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se acumule en el agua. Aparece porque los camarones producen desechos y porque los restos de comida se descomponen. Cuando esa concentración sube, el amonio se vuelve tóxico. Hace que los camarones crezcan más lento, se estresen y hasta se mueran. El problema empeora si el pH del agua sube, ya que el amonio se transforma en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), que es todavía más peligroso.

Aquí es donde entran las bacterias nitrificantes. Son como un equipo de limpieza que vuelve el amonio menos dañino y mantiene equilibrado el ciclo del nitrógeno. Gracias a ellas, el ambiente se vuelve más estable y productivo.

Para que estas bacterias trabajen mejor necesitan “comida”. El polvillo de arroz y la melaza les aportan carbono orgánico, algo así como un snack energético. Además, esos ingredientes activan otra clase de bacterias que se alimentan de la materia orgánica sobrante. Juntas, todas ellas limpian el agua y refuerzan el proceso de nitrificación.

Por eso las camaroneras añaden fuentes de carbono como melaza o caña de azúcar. Con ellas crecen más bacterias buenas, baja la cantidad de amonio y amoníaco y el agua se mantiene saludable para los camarones. Además, la biomasa generada por estas bacterias sirve como una fuente suplementaria de alimento para los camarones, mejorando su crecimiento y la eficiencia del sistema.

### **1.2.1 Identificación de variables**

#### **Variables independientes**

- Uso de bacterias nitrificantes y fuente de carbonos como el polvillo de arroz y la melaza.

#### **Variables dependientes**

- La incidencia de amonio y biomasa del camarón en piscina.



### **1.2.2 Formulación del problema**

Las camaroneras enfrentan un desafío significativo con el control del amonio, un compuesto tóxico que se acumula en el agua como resultado del metabolismo de los camarones y el procesamiento de materia orgánica, como restos de alimentos y desechos. Cuando los niveles de amonio aumentan, pueden causar estrés fisiológico, reducir el crecimiento y, en concentraciones elevadas, provocar la mortalidad de los camarones. El control tradicional del amonio en los estanques basado en recambios frecuentes de agua o en la aplicación de productos químicos exige inversiones elevadas y conlleva riesgos ambientales considerables. Además, resulta difícil de sostener a largo plazo, de modo que la industria necesita opciones más eficientes y respetuosas con el entorno.

El exceso de amonio repercute en la camaronicultura tanto en lo económico como en lo social. Su manejo inadecuado puede comprometer la salud pública y generar conflictos dentro de las comunidades locales.

La demanda mundial de camarón sigue en aumento, y con ella se expanden las áreas de cultivo. Cada nuevo estanque incrementa el consumo de energía, alimento, productos químicos y agua, lo que a su vez eleva la producción de residuos. Cuanto más extensiva es la operación, mayor es la presión sobre los recursos y sobre la calidad del agua circundante.

La acumulación de amonio liberada en ríos y estuarios cercanos favorece la eutrofización: las algas proliferan, el oxígeno disuelto disminuye y los ecosistemas acuáticos se deterioran. Por ello, adoptar estrategias de manejo más limpias y sostenibles se vuelve esencial para la viabilidad económica y ambiental del cultivo de camarón.

Este tipo de contaminación afecta no solo a la biodiversidad, sino también a otras actividades económicas dependientes del agua, como la pesca y el turismo, generando tensiones sociales en las comunidades costeras.

### **Preguntas de investigación o hipótesis**

- ¿El uso de bacterias nitrificantes puede reducir significativamente los niveles de amonio en las camaroneras, mejorando la salud y el crecimiento de los camarones?
- ¿La adición de polvillo de arroz y la melaza como fuente de carbono mejora la actividad de las bacterias nitrificantes y, por ende, acelera la conversión del amonio en nitrato en los sistemas acuícolas de camarón?
- ¿Qué impacto tiene la tecnología simbiótica con polvillo de arroz y melaza sobre el crecimiento (gramaje) del camarón ?

**H0:** El uso de polvillo de arroz y melaza como fuente de carbono favorecerá el desarrollo de microbioma equilibrado en la camaronera, mejorando la eficiencia de las bacterias nitrificantes en el control del nivel de amonio.

**H1:** El uso de polvillo de arroz y melaza como fuente de carbono no favorecerá el desarrollo de un microbioma equilibrado en la camaronera, mejorando la eficiencia de las bacterias nitrificantes no bajando en el control del nivel de amonio.

### **1.3 Objetivos del proyecto**

#### **Objetivo general**

Evaluación de la implementación en el control de los niveles de amonio con el uso de las bacterias nitrificantes con la adición de polvillo de arroz (*Oryza Sativa*) y melaza como fuentes de carbono orgánico en el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar la eficacia de la adición de bacterias nitrificantes con la adición de polvillo de arroz y melaza como fuentes de carbono orgánico en la activación de bacterias nitrificantes en la reducción de los niveles de amonio en las camaroneras.
- Determinar el efecto de la adición de bacterias nitrificantes con las distintas fuentes de carbono orgánico midiendo los valores de biomasa a lo largo del estudio.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos.

#### 1.4 Justificación del proyecto

La metodología ofrecerá un marco estructurado que abordará los problemas identificados de forma integral y ordenada. Permitirá generar datos precisos y pertinentes, así como evaluar con rigor la eficacia de las estrategias planteadas.

El cultivo de camarones se ha convertido en una de las actividades acuícolas de mayor expansión a nivel mundial. Sin embargo, junto con su crecimiento también surgen desafíos ambientales importantes. Entre ellos, la liberación de compuestos como el amonio y el nitrógeno inorgánico hacia los cuerpos de agua cercanos a las piscinas de cultivo, lo que puede acelerar procesos de eutrofización y alterar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Frente a este escenario, resulta indispensable impulsar estrategias sostenibles que ayuden a mitigar dichos impactos y favorezcan una producción más responsable con el ambiente. (Kwon, et al., 2020)

La adopción de una tecnología simbiótica basada en polvillo de arroz (*Oryza sativa*) y melaza para controlar el amonio en el cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) responde a la necesidad de optimizar la calidad del agua y promover prácticas acuícolas sostenibles.

El polvillo de arroz y la melaza aportan carbono y nutrientes que estimulan la formación de comunidades microbianas beneficiosas en especial bacterias nitrificantes y heterótrofas capaces de transformar el amonio en compuestos menos tóxicos o incorporarlo a la biomasa microbiana.

Mantener un ambiente de cultivo adecuado, con agua de alta calidad, favorece directamente la salud de los camarones y promueve un crecimiento más acelerado. Estos factores, en conjunto, repercuten en un mejor desempeño productivo y, finalmente, en una mayor rentabilidad del sistema. (Chi et al., 2016).



## **1.5 Marco teórico**

### **1.5.1 La camaronicultura**

Según lo indicado por Gonzaga, Morán y Brito en el año 2016, la camaronicultura es descrita como la actividad dedicada al cultivo de camarones, específicamente aquellos crustáceos que pertenecen a la familia Penaeidae, que son conocidos en distintas regiones, dependiendo de las características locales, también bajo el nombre de langostinos. En el desarrollo económico de Ecuador, esta actividad ha surgido como una de las dos principales fuentes de ingresos no relacionados con el petróleo, estableciéndose en las últimas décadas como un pilar esencial, aunque es importante señalar que sus antecedentes históricos en el país ecuatoriano se remontan a épocas pasadas con evidencias de gran antigüedad.

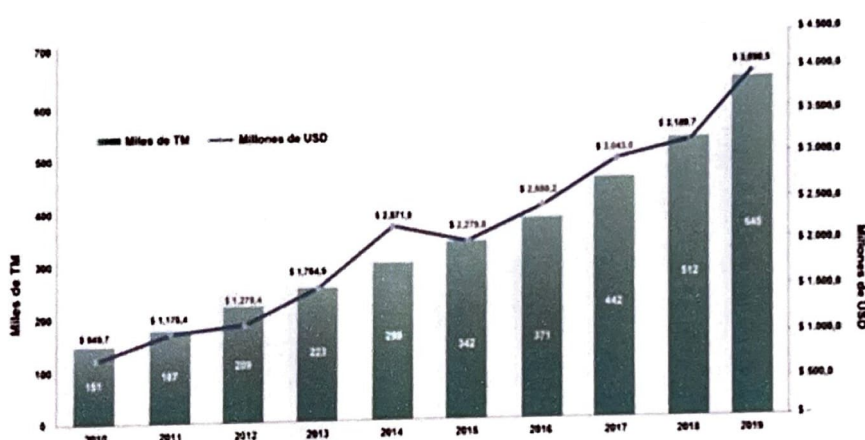
El auge de la camaronicultura ecuatoriana comenzó en 1968, en la provincia de El Oro, cerca de Santa Rosa. Allí, un grupo de emprendedores locales quedó sorprendido al encontrar camarones en estanques naturales próximos a los estuarios y decidió iniciar su crianza. Para 1974 ya se habían habilitado unas seiscientas hectáreas de cultivo. En los años siguientes, la actividad se expandió con fuerza, sobre todo en las provincias de El Oro y Guayas, que llegaron a consolidarse como los principales polos de producción de camarón en el país.

La existencia de extensos terrenos salinos y la abundante presencia natural de postlarvas en estas áreas facilitaron que la acuicultura de camarón evolucionara en un negocio altamente lucrativo, convirtiéndose en uno de los fundamentos económicos no petroleros del país. (Vega, 2019)

El crecimiento constante de la camaronicultura se manifiesta principalmente en el campo de las exportaciones, donde se ha logrado acceder a los mercados internacionales más rigurosos y competitivos. Esta situación indica que el sector ha conseguido no solo agregar un valor intrínseco a sus productos, sino también mejorar y perfeccionar sus métodos de producción. Este conjunto de factores ha resultado en beneficios significativos para la sociedad, ya que, además de convertirse en un elemento clave para la obtención de divisas, la actividad fomenta la generación continua de empleos, impulsando así la economía y favoreciendo el bienestar común (Ullsco, Garzon, Quezada y Barrezueta, 2021).

En los últimos diez años, las exportaciones de camarón ecuatoriano han crecido de forma sostenida, incluso en medio de varias crisis. Según la Cámara Nacional de Acuicultura, el único tropiezo fue 2015, cuando los ingresos bajaron; sin embargo, desde 2010 el volumen enviado al exterior no ha dejado de aumentar. Estos datos confirman la solidez y la resiliencia del sector acuícola, cuya evolución detallada a continuación evidencia su importancia económica y social para el país.

**Grafico 1. Reporte de exportaciones ecuatorianas totales de camarón**



Fuente: Banco Central del Ecuador

Si bien, como indica Balod (2021), este contexto favorable se vio gravemente perturbado en 2020 debido a la pandemia, que ocasionó una reducción del 16% en las importaciones desde China en comparación con el periodo anterior. Sin embargo, de acuerdo a un informe del Banco Central del Ecuador mencionado en la plataforma Primicias (2021), el camarón continuó siendo el principal producto de exportación no petrolero, a pesar de que sus ingresos totales experimentaron una caída del 1.7%. A pesar de estos desafíos, la industria del camarón demostró señales destacadas de resistencia y avance, reafirmandose como un elemento clave en la economía de exportación ecuatoriana (Gómez, Mora y Espinoza, 2020). Por lo tanto, es esencial impulsar investigaciones que ayuden a mejorar esta actividad, apoyando así los desarrollos tecnológicos y la innovación en productos que están adoptando las empresas de este sector significativo.

Aunque Balod (2021) señala que la camaronicultura en Ecuador enfrentó un serio revés en 2020 a causa de la pandemia, lo que se evidenció con una caída del 16% en las importaciones

desde China en comparación con el año anterior, los datos oficiales pintan un panorama menos negativo. De acuerdo con un reporte del Banco Central disponible en el portal Primicias (2021), el camarón continuó siendo el producto no petrolero más destacado en las exportaciones, a pesar de un leve descenso del 1. Las exportaciones de camarón aportan cerca del 7 % a los ingresos totales del país. Aun así, el sector ha demostrado una gran capacidad de recuperarse y adaptarse, y sigue siendo el principal motor de las ventas externas, como señalan Gómez, Mora y Espinoza (2020). Por ello, resulta esencial impulsar investigaciones que ayuden a perfeccionar esta actividad, fomentar la innovación tecnológica y diversificar los productos que ofrecen las empresas del ramo. Solo así se garantizarán la sostenibilidad y la competitividad de esta industria clave en el mercado internacional.

### **1.5.2 El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)**

Este crustáceo se encuentra entre las dos actividades más relevantes de la pesca de camarones a nivel global, destacándose por su exportación, especialmente en forma de materia prima, que es altamente valorada en los mercados internacionales gracias a sus elevados estándares de calidad y seguridad alimentaria. En el caso de Ecuador, el camarón constituye alrededor del 97% de la pesca en las lagunas costeras, estableciéndose como un recurso de un valor económico y estratégico incalculable (Aragón, 2016; Solórzano y Bonilla, 2019).

### **1.5.3 Clasificación taxonómica del camarón (*Litopenaus vannamei*)**

**Reino:** Metazoa

**Phylum:** Arthropoda

**Clase:** Crustacea

**Orden:** Decapoda

**Familia:** Penaeidae

**Especie:** *P. vannamei*



**Género: Penaeus**



**Grafico 2. Camarón Blanco *Penaeus Vannamei***

**Fuente: MARDEX, 2000**

#### **1.5.4 Generación de residuos en las piscinas camaroneras**

Es un reconocimiento general y ampliamente aceptado que las actividades tanto de la acuicultura de camarones como de la agricultura están intrínsecamente conectadas a la producción de residuos contaminantes, los cuales pueden ser agrupados esencialmente en dos amplias categorías basadas en su composición: residuos orgánicos y inorgánicos. Sin embargo, esta clasificación puede ser enriquecida y ampliada desde un aspecto técnico si se toma en consideración el contenido específico de proteínas y cenizas presente en estos residuos, un factor que afecta directamente su naturaleza y su potencial contaminante (Curbelo y Palacio, 2021).

La producción de residuos en los estanques destinados al cultivo de camarones se debe principalmente a las funciones fisiológicas de los propios organismos, donde la eliminación de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se destaca como el principal producto residual. Este componente surge tanto del metabolismo natural de los crustáceos como de la posterior descomposición microbiana de la materia orgánica presente, en particular aquella que proviene de los alimentos no consumidos (Industria Acuicola, 2017). Este fenómeno se agrava cuando la alimentación se lleva a cabo mediante voleo, una técnica que fomenta una mayor dispersión de partículas en el aire, lo que a su vez intensifica la contaminación ambiental del sistema acuático (Martínez, Mendoza, Álvarez y Martínez, 2015).



Los desechos orgánicos generados por la actividad relacionada con los camarones tienen un efecto dañino sobre el crecimiento de los cultivos, al tiempo que aceleran la degradación progresiva del terreno. Esta situación se origina en la alteración del equilibrio de las características físicas y químicas del suelo, lo que disminuye su funcionalidad para mantener los procesos ambientales que le son inherentes (Meza, Castro, Pereira y Puga, 2017). El impacto de estos residuos no se limita a la fase activa del cultivo. También puede aparecer más adelante. Durante la producción, la acumulación excesiva de materia orgánica reduce el oxígeno disponible y pone en riesgo la cosecha. Con ello se deterioran la calidad y la estabilidad del ambiente, lo que afecta la productividad y la sostenibilidad del sistema acuícola.

Hernández (2016) señala que los sistemas intensivos son los principales responsables de la generación excesiva de residuos. Esto se debe al aporte constante de alimento para sostener grandes biomásas. El resultado suele ser una proliferación de fitoplancton, la disminución del oxígeno disuelto y el aumento del amonio. Ese conjunto de condiciones estresa a los camarones, reduce su supervivencia y, en consecuencia, merma la producción total. Todo ello resalta la urgencia de manejar estos sistemas con mayor cuidado para garantizar su viabilidad a largo plazo.

#### **1.5.5 Amonio**

A escala mundial, el amoníaco es un químico clave para muchas industrias, pero también uno de los contaminantes más dañinos para los ecosistemas acuáticos. Con frecuencia se libera sin un control adecuado de los desechos industriales y agrícolas, lo que agrava su impacto ambiental. Desde el punto de vista químico, existe en dos formas: el amoníaco libre,  $\text{NH}_3$ , altamente tóxico, y el ion amonio,  $\text{NH}_4^+$ , que resulta menos perjudicial. Distinguir entre ambas especies es fundamental para comprender su comportamiento en el agua y diseñar estrategias de mitigación efectivas.

#### **1.5.6 Amonio y Nitritos**

En los estanques de cultivo, el amonio que los camarones excretan constituye la fuente predominante de nitrógeno. A ello se suma la contribución procedente de la descomposición de las proteínas presentes en la materia orgánica, los restos de alimento y otros desechos acumulados en el sistema. Comprender esta dinámica del nitrógeno es esencial para mantener el equilibrio ecológico y gestionar eficazmente la acuicultura, dado que influye de manera directa en la calidad del medio y en la salud de las especies cultivadas. (Villegas Sandoval, 2023). En acuicultura, los

nitritos representan un riesgo serio porque suelen detectarse cuando el camarón ya muestra signos de enfermedad. Los niveles considerados seguros se sitúan entre 0,4 y 0,8 mg/L. Superar el umbral de 0,8 mg/L vuelve a los nitritos altamente tóxicos y pone en peligro la salud y la supervivencia de los organismos. Por ello, resulta indispensable mantener una vigilancia continua y rigurosa para salvaguardar la integridad del sistema de cultivo. (Davila, 2022).

El incremento de estos compuestos se atribuye a la sobrealimentación en los tanques de camarón, por lo que resulta imprescindible regular el abastecimiento de estos compuestos.

### **1.5.7 Nitrógeno amoniacal total**

El Total de Nitrógeno Amoniacal (TAN) es una forma de nitrógeno inorgánico que impacta directamente el desarrollo de las plantas y la productividad de los ecosistemas acuáticos. En ambientes acuáticos, este nitrógeno se manifiesta como una mezcla activa entre el amonio ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ) y el amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ). El Nitrógeno Total Amoniacal (TAN) engloba, en un solo valor, las dos formas en que se presenta este compuesto en el agua: el amonio, que es inocuo, y el amoníaco no ionizado, que resulta tóxico. La conversión entre ambos ocurre de manera rápida y reversible, y está gobernada por un equilibrio químico sensible al pH. Así, el nivel de acidez o alcalinidad del agua determina qué proporción de TAN se manifiesta como amonio seguro y cuál se convierte en amoníaco peligroso, un aspecto clave para evaluar la calidad del agua y proteger la salud de los organismos cultivados.

El amonio tiene una notable capacidad para cambiar rápidamente a su forma tóxica y viceversa, en un proceso reversible que depende de la cantidad de protones en el entorno acuático, lo que se traduce en el pH del agua. Así, el TAN se reconoce como una fuente importante de nitrógeno inorgánico que impacta directamente el crecimiento de las plantas y la productividad de los ecosistemas acuáticos, presentándose como una mezcla equilibrada entre el amonio ( $\text{NH}_4^+$  o amoníaco ionizado) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$  o amoníaco no ionizado).

El Total de Nitrógeno Amoniacal (TAN) actúa como un indicador integral que abarca tanto el amonio como su forma peligrosa, el amoníaco. En los cuerpos de agua, la cantidad de protones libres ( $\text{H}^+$ ) es un factor esencial, donde el pH se convierte en una medida precisa de la cantidad de esos protones. Por lo tanto, una mayor cantidad de protones se asocia con un pH más bajo, mientras



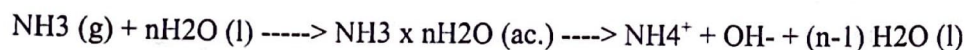
que una menor cantidad se vincula a un pH más elevado. Esta relación es vital, ya que establece el equilibrio entre las formas amoniacales y, por ende, su toxicidad en el ecosistema. (Zoppas, 2018).

### 1.5.8 Toxicidad del amonio

Las proteínas que son descompuestas representan la fuente principal de nitrógeno en la crianza de camarones; no obstante, el amonio que impacta los sistemas de cultivo proviene, en su mayoría, de la degradación de estas proteínas. Esta degradación genera amonio en cifras que, si no son debidamente controladas, ocasionan problemas relacionados con la toxicidad, los cuales pueden presentarse en cualquier tipo de cultivo, afectando la salud y el rendimiento productivo del camarón. (Campbell, 1973). Es fundamental identificar con la exactitud los efectos que los niveles subletales de amonio tienen sobre las funciones biológicas de los organismos que habitan en el agua. Este conocimiento ayuda a prevenir malentendidos o evaluaciones imprecisas en la cuantificación de esta sustancia, asegurando de este modo una adecuada administración del entorno de cultivo y la pronta prevención de consecuencias perjudiciales que, aunque no sean fatales, pueden influir de manera considerable en la salud y la productividad de los camarones. (Sprague, 1969).

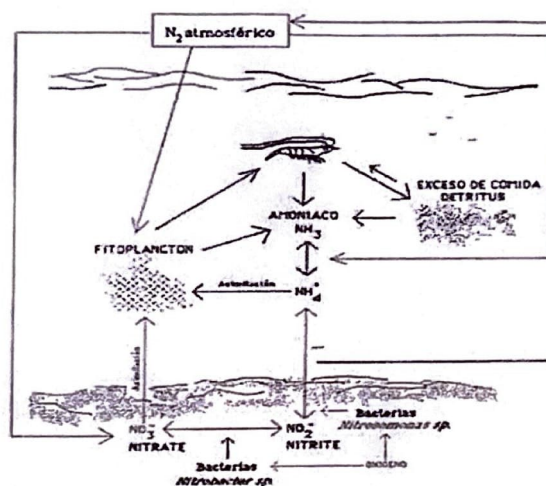
La presencia simultánea del amonio en sus formas ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) y no ionizada ( $\text{NH}_3$ ) se origina a partir de las propiedades fisicoquímicas diversas de cada una: el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) tiene un carácter lipofílico, lo que le permite atravesar membranas lipídicas con mayor facilidad, mientras que el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) presenta características lipofóbicas y, por lo tanto, es menos capaz de atravesar dichas membranas. En este sentido, Chen y Chin (1989) indican que el amonio tiende a adoptar su forma tóxica si aumenta la proporción de  $\text{NH}_3$  en la solución, aumentando de esta manera su potencial dañino para los organismos en aguas, ya que el  $\text{NH}_3$  es la forma que ocasiona toxicidad en ecosistemas acuáticos.

La variante tóxica del amonio para las criaturas acuáticas es el amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), conocido como amonio tóxico, por su habilidad para penetrar membranas celulares y causar efectos negativos. En cambio, la especie química  $\text{NH}_4^+$  (ion amonio o amonio ionizado) se clasifica como no tóxica o, en todo caso, significativamente menos perjudicial. (Emerson, 1975) En soluciones acuosas, el amonio no ionizado se encuentra en equilibrio con el ion amonio y el hidroxilo. Se ha descrito la ecuación de este equilibrio de la siguiente manera (Thurston, 1981):



### 1.5.9 Ciclo del Nitrógeno

La nitrificación es un proceso biológico que necesita oxígeno y se enfoca en la conversión del nitrógeno amoniacal total ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NH}_3$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a través de dos etapas secuenciales. Durante la primera etapa, las bacterias del grupo Nitrosomonas llevan a cabo la oxidación del amonio total, generando nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). En la segunda etapa, otras bacterias, principalmente pertenecientes al género Nitrobacter, transforman el nitrito en nitrato. Estas bacterias quimioautótrofas son esenciales en el ciclo del nitrógeno, ya que emplean dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) como sus fuentes de carbono para crecer y llevar a cabo su metabolismo. (Araujo Chévez, 2010)



**Grafico 3.** *Ciclo del nitrógeno en una piscina (dibujo simplificado)*

**Fuente:** (FAO, 2020)

### 1.5.10 Control de amonio

En los cultivos en sistemas abiertos, la gestión del amonio se lleva a cabo principalmente a través de la modificación del agua según las exigencias del sistema. Por otro lado, en los sistemas de acuicultura en recirculación (RAS), los filtros biológicos juegan un papel significativo al transformar el amonio, que es un compuesto tóxico, en nitratos, que son menos perjudiciales, mediante procesos de nitrificación. Al aplicar el sistema biofloc, la regulación del amonio se efectúa gracias al reciclaje realizado por bacterias heterótrofas que capturan este compuesto y lo



convierten en proteína bacteriana, siempre que se mantenga una proporción de carbono/nitrógeno (C/N) cercana a 20:1. De esta manera, el amonio puede ser transformado en nitratos por la intervención de bacterias nitrificantes, ayudando a conservar la calidad del agua y la salud del cultivo.

#### **1.5.11 Calidad del agua**

En la cría de camarones, es esencial mantener condiciones adecuadas para asegurar un desarrollo y una supervivencia óptimos. Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta son los parámetros de calidad del agua. La calidad del agua se ve influenciada por diversos factores que deben ser monitoreados, tales como la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, el pH, la alcalinidad, el calcio, el potasio, el magnesio, el nitrógeno, y los productos metabólicos generados por las especies en cultivo. (Chica, 2019)

#### **1.5.12 Temperatura**

El camarón blanco tolera un rango amplio de temperaturas, pero su rendimiento óptimo se alcanza cuando el agua se mantiene entre 28 °C y 31 °C. Diversos estudios señalan que trabajar alrededor de 25 °C a 30 °C favorece el metabolismo y la tasa de crecimiento, lo que se traduce en una producción más eficiente. Si la temperatura cae por debajo o supera estos límites, el crecimiento y la supervivencia pueden verse comprometidos.

Para asegurar un entorno estable, las granjas emplean sistemas de calefacción que mantienen el agua en el rango ideal. (García, 2018). Cuando la temperatura del estanque sube, la calidad del agua se resiente. El calor aumenta la fracción de amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), la forma más tóxica para el camarón. Si el agua supera los 32 °C, el problema se agrava: se acumula más materia orgánica, aparecen microalgas en exceso y, al morir, consumen oxígeno. Esta combinación reduce la supervivencia de los camarones y compromete la producción. Por otro lado, si la temperatura desciende a alrededor de 25 °C, los camarones pueden entrar en un estado de inactividad, lo que reduce la asimilación de alimentos y dificulta su desarrollo, afectando su crecimiento y productividad. (Salazar, 2017). Según (García, 2018) la temperatura del agua influye en la viscosidad, densidad, solubilidad de los gases y, en particular, en la disponibilidad de oxígeno. Asimismo, influye en las reacciones químicas y bioquímicas de los estanques de cultivo.

Cuando el agua del estanque llega a 30 °C o más, todo cambia. Los camarones crecen el doble de rápido, pero también necesitan el doble de oxígeno. En pocas palabras: cuanto más caliente está el agua, más aire hay que darles; si el ambiente es fresco, esa necesidad disminuye. Por eso, cuando la temperatura ronda o supera los 30 °C, es fundamental vigilar de cerca la aireación y la calidad del agua.

Así, se pone de manifiesto la vulnerabilidad y dependencia de los organismos a las variaciones térmicas de su entorno, lo que demanda un control estricto en la gestión ambiental de la acuicultura. (Boyd., 2018) Se considera la temperatura como uno de los indicadores físicos más relevantes en cuanto a la calidad del agua, ya que usualmente tiene un impacto directo en el atraso o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de sustancias, la creación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtrado (Ulloaa, 2015).

#### **1.5.13 Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH es, básicamente, el “termómetro” que indica si el agua es ácida o alcalina. Se calcula a partir de la cantidad de iones de hidrógeno ( $H^+$ ): cuanto más iones hay, más ácida es; cuanto menos, más alcalina. Saber su valor nos ayuda a entender si las condiciones del agua son seguras y estables para los organismos que la habitan. (Thakur, 2018)

La escala de pH va de 0 a 14. Si marca 7, el agua es neutra, ni ácida ni alcalina. Cuando el valor baja de 7, el agua se vuelve ácida, capaz de “apagar” bases fuertes. Si sube de 7, se vuelve básica o alcalina, y entonces es buena para neutralizar ácidos fuertes.

Un pH menor a 4 es letal para el cultivo; entre 4 y 5, los camarones ya no pueden reproducirse bien. Si el nivel sube a 5–6, siguen vivos, pero crecen lentamente. El rango ideal es de 6 a 9, donde su desarrollo es sano y fluido. Sin embargo, con valores de 9 a 11 el crecimiento se frena de forma notoria, y por encima de 11 la mortalidad es casi segura. Además, en los estanques de *Litopenaeus vannamei* suele verse que el pH baja al amanecer, porque el fitoplancton deja de hacer fotosíntesis durante la noche y consume dióxido de carbono, lo que acidifica un poco el agua. La magnitud de este parámetro químico juega un papel crucial en el metabolismo de los camarones, enfatizando la importancia de su monitoreo y regulación constante para mantener la salud y la productividad del cultivo. (Garcia, 2018).



#### 1.5.14 Conductividad eléctrica

La conductividad define la capacidad de una sustancia para transportar una corriente eléctrica y, por lo tanto, es lo opuesto a la resistencia. Es una variable que depende de la cantidad de sal distribuida en el líquido. La conductividad se expresa, por lo general, en siemens por centímetro (S/cm) o en sus unidades más pequeñas, milisiemens (mS/cm) y microsiemens ( $\mu\text{S/cm}$ ). En el agua la lógica es simple: cuanto más material disuelto hay, más fácilmente circula la corriente eléctrica. Por eso, cuando aumentan los sólidos disueltos, la conductividad también sube—una relación directa que los ensayos de laboratorio han confirmado una y otra vez. (García, 2013).

- Agua destilada:  $0,5 \mu\text{S/cm}$ .
- Agua de montaña:  $1,0 \mu\text{S/cm}$ .
- Agua de uso doméstico:  $500\text{-}800 \mu\text{S/cm}$ .
- Agua de mar:  $50.000\text{-}60.000 \mu\text{S/cm}$

#### 1.5.15 Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) representan un parámetro esencial en la caracterización y evaluación de la calidad del agua. Estas se pueden expresar en mg/l, g/m<sup>3</sup> o ppm (mg/l). La presencia de sales en solución hace al agua una notable conductora; en consecuencia, al tener un nivel elevado de sales se manifiesta en una alta conductividad eléctrica la medición de la conductividad eléctrica se consolida como una técnica rápida, precisa para evaluar rápidamente la salinidad del agua. (García, 2013).

#### 1.5.16 Salinidad (ppt)

Es una propiedad química del agua que se puede definir como la suma total de iones disueltos en el agua. Tradicionalmente, la salinidad se representa como ppt, o "partes por mil" en inglés (Moraga., 2015) El cloruro de sodio (NaCl) representa cerca del 80% de las sales presentes en el agua marina, mientras que el 20% restante pertenece a otros iones presentes en el agua (Moraga., 2015)

La mayoría de las especies de camarones penaeidos son eurihalinos, pero *Litopenaeus vannamei* ha sido exitosamente cultivado en salinidades que oscilan entre 3 ppt y 50 ppt. Los

sólidos disueltos proporcionan la salinidad, en particular los fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos y demás (Garcia, 2018)

La conductividad eléctrica del agua marina, debido a la interacción iónica, es directamente proporcional a la salinidad, lo que significa que, a mayor salinidad, mayor conductividad. La salinidad se reduce por dilución y puede incrementarse debido a la evaporación. En condiciones de baja salinidad, las personas emplean más energía para llevar a cabo la osmorregulación, lo que resulta en un crecimiento reducido. Además, se incrementa la excreción de amonio, lo que impacta la tasa de respiración y la generación de CO<sub>2</sub>, perjudicando la calidad del agua. (Garcia, 2018)

#### **1.5.17 Calidad del suelo**

La Soil Science of America define la calidad del suelo dicho por Anaya y Jaramillo, (2017) como "la habilidad de este para actuar dentro de las fronteras de un ecosistema con el fin de mantener la productividad biológica, preservar la calidad del medio ambiente y fomentar la salud de plantas y animales" (p. 103). Además, en la investigación previa se determinó que la calidad del suelo puede verse afectada por sus características o las estrategias para su gestión. En una investigación llevada a cabo por Meza et al. (2017), señala que a través de la calidad del suelo se puede determinar las fluctuaciones de sus características tras haber sido utilizado para alguna actividad. Por lo tanto, también se percibe como un concepto operativo que permite monitorear y entender cuánto se ha deteriorado.

Según Ladino (2011). Una de las principales causas de la acumulación de materia orgánica es el aumento de la producción en los sistemas acuícolas, lo que resulta en un aumento del carbono orgánico en las piscinas en un 87%. (Vela, López y Rodríguez (2012), sugieren que, para llevar a cabo evaluaciones de calidad del suelo, es necesario llevar a cabo un análisis de laboratorio del suelo. Este proceso implica secar las muestras, luego molerlas en un mortero de porcelana, luego pasarlas a un tamiz, luego guardarlas en un recipiente plástico y finalmente llevarlas a cabo el análisis fisicoquímico. Es importante destacar lo que dijo Vela et al. (2012), se requiere efectuar un ajuste en el porcentaje de carbono presente en la muestra analizada (Representado con C) mediante la aplicación del factor de Van Benmelen, utilizando la fórmula siguiente.



### **1.5.18 Tecnología simbiótica**

#### **¿Qué es la fermentación simbiótica?**

La tecnología simbiótica en la acuicultura se basa en el uso de microorganismos, la cual tienen un efecto beneficioso directo o indirecto sobre la salud del camarón y de la calidad del agua de las camaroneras y laboratorios. Se cultivan diferentes tipos de microorganismos, bacterias, protozoos, levaduras, que establecerán una relación simbiótica con el camarón y además servirán de alimento de alta calidad. (Tomalá, 2020)

### **1.5.19 Tecnología simbiótica para cultivos**

Como su nombre indica, la acuicultura simbiótica se basa en una simbiosis, donde se relacionan dos organismos que se benefician mutuamente, tanto las especies de cultivo como, peces, camarones, moluscos u otros animales acuáticos, como los microorganismos que se produce en agua de estanques. Los microorganismos asimilan las heces de los camarones, los residuos alimentarios, las sustancias tóxicas como el amonio y el amoníaco. Todas estas sustancias sirven para el crecimiento de bacterias y hongos, generando productos muy útiles en el agua de cultivo. Los 10 animales acuáticos se alimentan de esta explosión de microorganismos, que se combinan para formar bio-partículas (Romero, 2020)

### **1.5.20 Polvillo de arroz**

El arroz y sus derivados son considerados como fuentes alternativas para la dieta de los camarones, este es el caso del polvillo de arroz, la cual es el resultado de la molienda del grano de arroz hasta reducirlo a un polvo fino que permite ser digerido con mayor facilidad que el grano en sí mismo. El polvillo de arroz promueve una buena digestibilidad por su alto contenido de fibra y sílice lo que determina su bajo nivel nutritivo, sin embargo, su costo es ideal para su inclusión en la formulación.

La composición nutricional del polvillo de arroz está basada en la siguiente composición nutricional como lo indica la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición *nutricional del polvillo de arroz utilizado en la acuicultura.*

| <b>Proximal</b> | <b>Valores</b> |
|-----------------|----------------|
| Humedad         | 10,90 %        |
| Materia Seca    | 89,10 %        |
| Proteína        | 9,50 %         |
| Grasa           | 11,50 %        |
| Fibra           | 26,80 %        |
| Ceniza          | 13,80 %        |
| Energía         | 3345 kcal/kg   |

**Fuente:** (FAO, 2020)

Actualmente, uno de los principales fertilizantes orgánicos que se han empleado en el cultivo de camarones es el polvillo de arroz, también llamado afrecho, salvado o pulido, subproducto de la molienda de arroz. El gran número de partículas por gramo de polvillo, su característica de mantenerse en suspensión y su disponibilidad han contribuido a su uso una práctica innovadora adicional a esta fertilización orgánicas el hacer pasar al polvillo de arroz por una fermentación dentro de la granja por 18-48 horas utilizando organismos probióticos, para después ser incorporado a los estanques de cultivo.

Esta fermentación tiene varios objetivos como son:

- a) Los organismos que se producen en esta fermentación sean utilizados para ayudar a degradar la materia orgánica del polvillo de arroz, haciendo aún más solubles sus componentes para el aprovechamiento en el tanque.
- b) Que los microorganismos generados colonicen las partículas de polvillo de arroz y estos sean incorporados a la cadena trófica del estanque para reducir el amonio y materia orgánica generada por alimento no ingerido o heces de larva de camarón.

Requerimientos Nutricionales del camarón *Penaeus vannamei*

La nutrición del camarón es todo un arte, porque lo que necesita para crecer cambia según la etapa de su vida. Por eso, el alimento debe adaptarse a cada fase: lo que sirve para los juveniles no basta para los adultos. Además de los aditivos industriales, podemos usar ingredientes naturales

que los complementen y así ofrecerles una dieta realmente completa. Es responsabilidad del productor acuícola manejar el estanque como un ecosistema integral, ofreciendo recursos que potencien de manera conjunta los beneficios de los suplementos naturales y los artificiales, mejorando así la salud y eficacia del cultivo.

Las fuentes de nutrientes para el camarón son necesarias para los animales en crecimiento, catalogándolos como nutrientes esenciales o indispensables. Un nutriente esencial es aquel que no se puede sintetizar en la medida necesaria para el crecimiento y el mantenimiento normales. Aunque las proteínas son necesarias para el crecimiento, no hay proteínas esenciales, sólo aminoácidos esenciales. Los hidratos de carbono (por ejemplo, la harina de trigo) son fuentes de energía, pero no son hidratos de carbono esenciales porque pueden obtenerse a partir de varios ingredientes, almacenarse y liberarse mediante diversos procesos metabólicos.

Generalmente, la alimentación del camarón es formulada con diferentes tipos de ingredientes, tanto de origen animal, como vegetal, en este sentido, los ingredientes de origen animal son principalmente utilizados para satisfacer requerimientos proteicos, especialmente a las especies carnívoras, sin embargo, estos ingredientes comúnmente son de mayor costo y de menor disponibilidad comparado con los de origen vegetal.

#### **1.5.21 Melaza**

El azúcar es un producto muy comercializado a nivel mundial, para obtener su resultado final debe pasar por procesos tales como: corte, molienda, clarificación, cristalización y separación por centrifugación. La melaza es un subproducto del azúcar, es un líquido que presenta un color marrón oscuro, viscosidad que le da poca fluidez y es generada durante la etapa de cristalización, en ese proceso se forman cristales de azúcar por la ayuda de las calderas generando el calentamiento a vapor (Zhang et al., 2020) La melaza está compuesta por carbohidratos como: glucosa, sacarosa, levulosa, lactosa, maltosa y azúcares reductores. Además, posee minerales como: potasio, hierro, calcio, sodio y fósforo. (Fuentes, 2014). Cabe recalcar que, contiene aminoácidos, vitaminas y sales inorgánicas, también en cierta cantidad sustancias colorantes como melanoidinas y melaninas (Zhang et al., 2020).

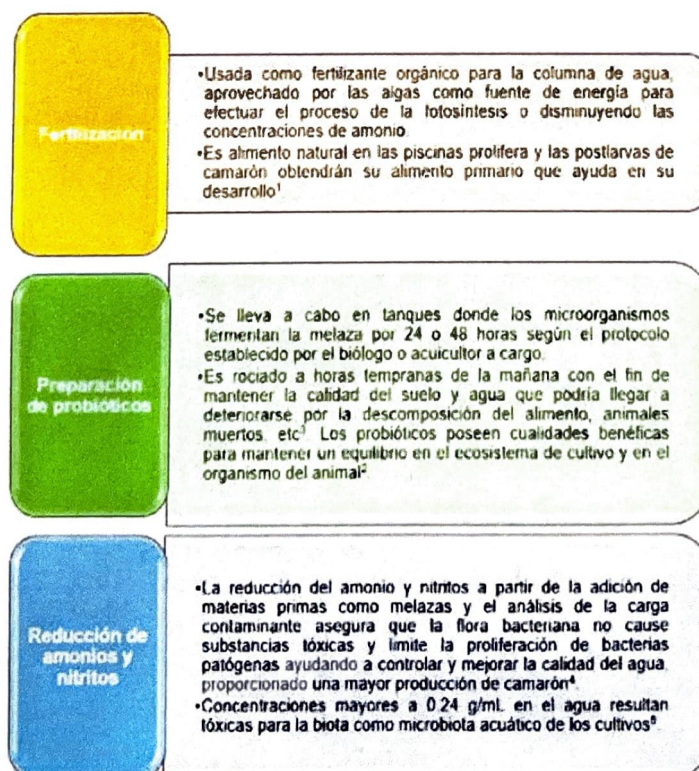


### 1.5.22 Uso de melaza en acuicultura

En el cultivo de engorde de camarón, estos crustáceos solo pueden asimilar del 20-30% de la cantidad de alimento para retención dentro del organismo, el 70-80% se excreta mediante las heces hacia el entorno del estanque. En ese instante, cerca del 50% del nitrógeno es introducido en el estanque debido al alimento y pasa a convertirse en gases tóxicos como  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_2$  (Tom., 2018).

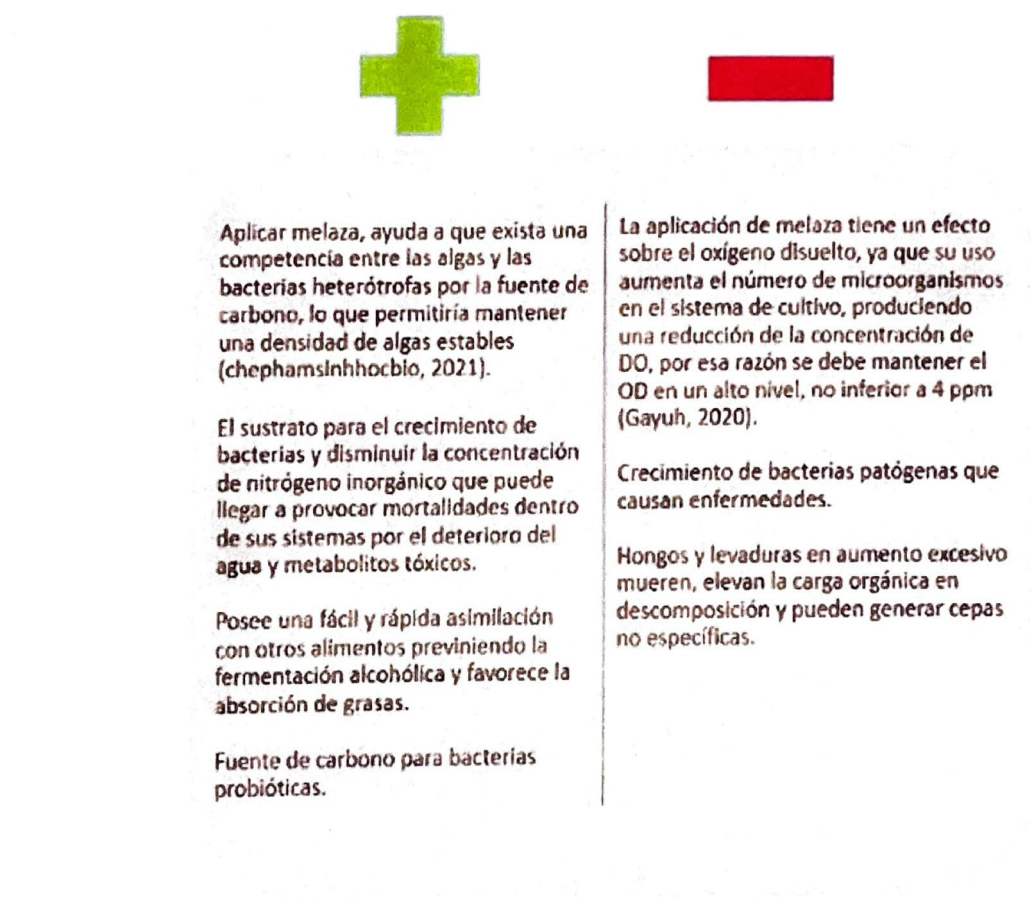
Según la Figura 4 la melaza es aplicada como fuente de carbono orgánico el cual constituye un desarrollo para la productividad natural de microorganismos presentes en la columna de agua del estanque y así obtener una fuente adicional de alimento para los organismos en cultivo (Hernández et al., 2019), permite que los cultivos de camarones sean resistentes o no a las variabilidades de los factores de producción, al tiempo que mejora su bienestar y salud (Figura 1.3). La melaza también es usada para controlar y estabilizar el pH, por consecuencia del consumo del carbono proveniente de la molécula de  $\text{CO}_2$  aprovechadas por la densidad de algas, lo que reduciría la acidez del agua causando que el pH aumente. (Chephamsinhhocbio, 2021).

**Grafico 4. Usos de la melaza en los cultivos de camarones.**



Fuente: (Fuentes, 2014), (Popov et al., 2020), (Rajasekar et al., s.f.), (Hernández et al, 2019), (Ortega Mendoza, 2020).

**Grafico 5. Ventajas (+) y desventajas (-) de melaza (carga bacteriana) para la acuicultura.**



Fuente. (Chephamsinhhocbio, 2021), (Gayuh, 2020).

### 1.5.23 La biorremediación

En palabras de Marín, Gota y Ortiz (2018), La biorremediación es una técnica comprobada que explota las capacidades metabólicas de los microorganismos para degradar compuestos recalcitrantes. Estos microorganismos emplean dichas sustancias para su crecimiento, promoviendo su transformación en subproductos inocuos, tales como dióxido de carbono, agua y otros compuestos que dan un menor impacto ambiental. Además, estos autores también mencionan que la biorremediación se divide a su vez en dos técnicas:



#### 1) La bioestimulación

#### 2) la bioaumentación..

La biorremediación se ve como una estrategia agronómica de vanguardia, como lo plantea González, (2018), diseñada con el objetivo de desactivar y erradicar plaguicidas del suelo mediante el empleo de microorganismos con capacidad comprobada para degradar tales residuos. En un paralelismo ineludible, la camaronicultura, una práctica que genera muchos desechos capaces de deteriorar gravemente la calidad del agua y del suelo y por esa razón han incorporado la biorremediación como una solución importante, valiéndose de productos formulados a base de *Bacillus* para neutralizar dichos contaminantes.

Por otra parte, se ha identificado que la metodología de los estudios de campo comparativos para los productos de biorremediación en la camaronicultura se encuentra muy limitada porque es muy riesgoso para el productor definir un testigo, pues el camarón puede sufrir estrés, mancha blanca, entre otras enfermedades en el caso de que no se empleen bacterias biorremediadores en el ciclo de producción. En este contexto, autores como Ibarra, (2015) han adoptado enfoques metodológicos y bien analizados para contrarrestar estos riesgos. Sus investigaciones se han centrado en el análisis comparativo de dos agentes biorremediadores, evaluando su efectividad mediante la medición sistemática de parámetros de calidad del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos.

#### **1.5.24 Bacterias para degradar materia orgánica**

La descomposición de la materia orgánica en los sistemas de cultivo de camarones, denominada biorremediación, es un proceso clave facilitado por microorganismos que, tras ser introducidos en los estanques, degradan de manera eficaz los compuestos xenobióticos presentes en los efluentes. En la actualidad, la industria del camarón dispone de una variedad de soluciones comerciales basadas en esta tecnología, las cuales están en constante evolución para mejorar su eficacia. En este marco, investigaciones científicas sólidas respaldan la notable efectividad de las bacterias del género *Bacillus* en la biorremediación de los efluentes acuáticos, destacándose frente a otros grupos de microorganismos gracias a su estabilidad y efectividad en las diversas condiciones que caracterizan a estos ambientes productivos (Marín y Jaramillo, 2015; Trujillo et al. , 2019).



### 1.5.25 Bacteria NTS-6

NTS-6 es un consorcio de bacterias probióticas creado por Arkeas Lab, diseñado con el propósito específico de biorremediar el sedimento y el agua en cultivos acuáticos, poniendo especial atención en estanques destinados a la producción intensiva de camarones. De acuerdo a sus desarrolladores, este producto tiene una elevada cantidad de bacterias nitrificantes y heterótrofas que pueden mineralizar de manera eficaz la materia orgánica que se acumula en los fondos, eliminar los sulfuros que generan lodos oscuros y disminuir compuestos contaminantes cruciales como el amonio y los nitritos, lo que contribuye significativamente a la mejora de la calidad ambiental del entorno de cultivo. Asimismo, las bacterias presentes en NTS-6 producen sustancias antimicrobianas que compiten contra patógenos potencialmente nocivos, promoviendo así un entorno biológicamente favorable para el crecimiento saludable de *Litopenaeus vannamei*. (Arkeas, 2015).

#### Composición: Bacterias Nitrificantes:

|                                        |                          |
|----------------------------------------|--------------------------|
| <i>Stenotrophomonas nitritireducen</i> | $2.3 \times 10^8$ UFC/ml |
| <i>Achoromobacter desnitrifican</i>    | $2.2 \times 10^8$ UFC/ml |

#### Bacterias heterótrofas:

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| <i>Bacillus subtilis</i>         | $1.5 \times 10^8$ UFC/ml |
| <i>Bacillus megaterium</i>       | $1.8 \times 10^8$ UFC/ml |
| <i>Bacillus amyloliquefacien</i> | $1.8 \times 10^8$ UFC/ml |

### 1.5.26 Bacteria Hgs7

|              |                             |                       |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| Composición: | <i>Bacillus subtilis</i>    | $1 \times 10^9$ CFU/g |
|              | <i>Lactobacillus lactis</i> | $1 \times 10^9$ CFU/g |
|              | <i>Nitrosomonas sp</i>      | $1 \times 10^9$ CFU/g |
|              | <i>Nitrobactar sp</i>       | $1 \times 10^9$ CFU/g |

**Dosis: Maduración:** Tanque de Artemia: 3 ppm por aplicación.

Tanque de maduración: 3ppm por aplicación.

Tanque de larvas: 3 ppm por aplicación ( cada 7-10 días).

**Piscina:** (cada 20 días o cuando el nitrato es más alto que 0.5 ppm), 0.5 ppm por aplicación.  
5 kg x hectárea.

Doble dosis por cada primera vez de aplicación.

Tanto como la bacteria NTS6 y Hgs7, no se encontraron estudios que haya analizado el uso de los productos, la bacteria Hsg7 únicamente se identificó que dos tesis de universidades nacionales lo mencionan como parte de la estructura de costos de la actividad camaronera.

### 1.5.27 Biomasa

La Biomasa es considerada como el peso total, en libras, kilos o toneladas de los camarones que viven en cada estanque productivo en un momento determinado a través por la unidad de medida del gramaje y que será expresada:

$$\text{Gramaje (g)} = \frac{\text{Peso total de la muestra(g)}}{\text{Numero de camarones}}$$

Donde se recolecto 20 camarones en cada piscina. Una vez obtenida la muestra se colocaron en un envase plástico que se lo pone sobre la balanza se obtiene el peso total, luego se coloca el envase plástico vacío y también se lo pesa, para restar esta cantidad del peso total. Y después se calcula el peso promedio. Y a base esos datos se realizará estos cálculos:

Cálculos realizados:

- Biomasa inicial (kg):  $\text{Peso inicial} \times \text{Sembrados} / 1000$
- Supervivientes:  $\text{Sembrados} \times 0.85$
- Muertos:  $\text{Sembrados} - \text{Supervivientes}$
- Biomasa final (kg):  $\text{Peso final} \times \text{Sobrevivientes} / 1000$

## **2 CAPITULO 2. DESARROLLO METODOLOGICO (MATERIALES Y MÉTODOS)**

### **2.1 Enfoque de la investigación**

El enfoque de esta tesis parte de una visión mixta en la que predomina lo cuantitativo debido a la necesidad de medir con precisión variables como la concentración de amonio, los parámetros fisicoquímicos del agua y la ganancia de biomasa de *Litopenaeus vannamei*. Estas mediciones se obtendrán mediante instrumentos calibrados, siguiendo un esquema hipotético-deductivo que plantea, por ejemplo, la hipótesis de que la combinación de la cepa HGS-7 con polvillo de arroz y melaza reduce significativamente los niveles de amonio en el sistema de cultivo.

Ahora bien, entender cómo funciona realmente el cultivo va más allá de los números. Por eso, junto con las mediciones, se incluye un lado cualitativo: salidas al campo y entrevistas semiestructuradas con el personal de la camaronera. Sus notas y testimonios revelan percepciones, rutinas de manejo y factores ambientales que no siempre se ven en las hojas de cálculo.

Al combinar la información cuantitativa con estas historias de primera mano, obtenemos una “vista en 360°” que refuerza la solidez de los resultados. Mientras los análisis estadísticos avalan la eficacia de los tratamientos simbióticos, las narrativas de campo aportan profundidad y contexto, facilitando la interpretación de los hallazgos y su aplicación en escenarios reales de producción acuícola.

### **2.2 Diseño de la investigación**

El estudio adopta un diseño cuasi-experimental con medidas repetidas, ajustado a las limitaciones operativas de la camaronera. Se trabajará con dos grupos de tratamiento: el primero usando la bacteria NTS-6 y el segundo aplicando la cepa HGS-7 activada con polvillo de arroz y melaza. Aunque la asignación a cada grupo no será completamente aleatoria dado el uso de estanques ya existentes se seleccionarán unidades de cultivo con características similares para asegurar la comparabilidad.

Durante 59 días de cultivo se realizarán muestreos diarios de las variables fisicoquímicas del agua (pH, temperatura, amonio y nitrito) y cinco muestreos semanales de la biomasa de camarones para calcular la supervivencia y el gramaje promedio. Al final de cada ciclo se anotarán los costos y los ingresos para ver si cada tratamiento resulta rentable.



- Para analizar los resultados se usarán pruebas estadísticas, como la t de Student y el ANOVA, que comparan las medias finales entre tratamientos, además de revisar cómo cambian las tendencias dentro de cada estanque con el tiempo. Biomasa, supervivencia y mortalidad: se estimaron a partir de las fórmulas indicadas; sin réplicas por tratamiento no se probaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Comparación al final (semana 8): se presentaron medias con IC95 % de peso final por tratamiento. (No se realizaron pruebas de hipótesis entre tratamientos a nivel de piscina porque no hay réplicas de unidad experimental; usar los individuos como réplicas sería pseudorreplicación). Descriptivos más IC95 % para peso semanal ( $n=20/\text{semana}/\text{tratamiento}$ ). Suelo antes/después: descriptivo ( $n=1$ ); IC95 % y prueba pareada no aplicables sin réplicas. Correlación de Pearson y regresión lineal simple por semana ( $n=8$ ), con lectura exploratoria.

Tipo de investigación: nivel o alcance.

Este estudio es, sobre todo, práctico y experimental. Queremos encontrar consejos concretos para controlar el amonio y potenciar el crecimiento de los camarones en las granjas de Manabí. Para lograrlo, probaremos diferentes combinaciones de bacterias y fuentes de carbono y observaremos directamente cómo afectan a puntos clave como la calidad del agua y la productividad. Además, el estudio incorpora un componente descriptivo al caracterizar detalladamente las condiciones del cultivo, documentando tendencias y comportamientos típicos bajo cada tratamiento. En su fase exploratoria inicial, se investigan protocolos de fermentación simbiótica dosis óptimas de polvillo de arroz y melaza y se identifican variables emergentes no previstas que puedan influir en la eficiencia del sistema.

Delimitado espacialmente a la camaronera Erinamar en Pedernales y temporalmente a un ciclo estándar de 59 días, este trabajo aporta datos experimentales novedosos y sirve de base para estudios futuros sobre sostenibilidad y economía circular en la acuicultura.

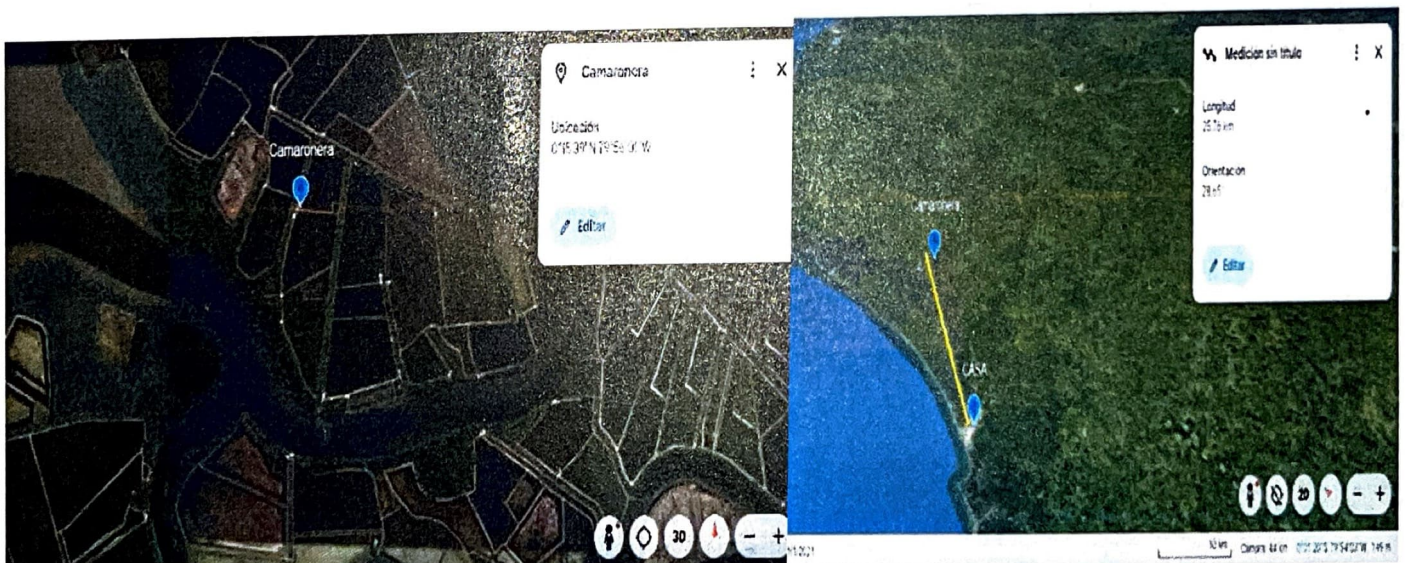
## 2.3 Materiales y métodos

### 2.3.1 Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Camaronera Erinamar que se encuentra ubicada en el cantón Pedernales, perteneciente a la provincia de Manabí – Ecuador, vía Chamanga. El área de estudio comprendió dos estanques de cultivo de diferente extensión:

- Piscina 1 con una superficie de 1 hectárea, en la cual se aplicó el tratamiento bacteriano NTS-6.
- Piscina 2 con una superficie de 4 hectáreas, en la que se empleó el tratamiento bacteriana HGS-7, activada con polvillo de arroz y melaza como fuentes de carbono.

La localización geográfica exacta de la camaronera corresponde a las coordenadas: 0°15'39.8"N 79°56'01.4"W.



Fuente: (Google Earth, 2017)

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperaturas medias anuales que varían entre 25 y 32 °C, una precipitación promedio de 1500 a 2000 mm, y humedad relativa cercana al 80 %. Los estanques se abastecen de agua proveniente de un estero estuarino, con salinidades que oscilan entre 10 y 25 ppt, características favorables para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*.



### 2.3.2 Manejo del sistema.

La camaronera cuenta con un sistema de cultivo semiintensivo de estanques recubiertos con estructura techada de 10.000 metros cuadrados (1ha) y 40.000 metros cuadrados (4ha) ya que esta tecnificación le sirve para mantener las temperaturas en condiciones óptimas y crecimiento efectivo del camarón *Litopenaeus vannamei*.

#### 2.3.2.1 BATIMETRIA

**Tabla 2.** *Batimetría de las 2 piscinas estudiadas.*

| PISCINA 1 (Profundidad) | PISCINA 2 (Profundidad) |
|-------------------------|-------------------------|
| 1,50 METROS             | 1,50 METROS             |

*Fuente: Autoría Propia*

Las tomas directas de agua para llenar las piscinas se realizaron mediante bombeo desde una fuente salobre el agua pasa por tuberías llevando el agua directamente a las piscinas. Se monitorearon 2 piscinas una de una de 1 hectárea y la otra de 4 hectáreas con características antes mencionadas. El estudio consistió en una evaluación de la calidad del agua durante el cultivo de camarón en baja salinidad, desde el inicio en la siembra hasta el final de la cosecha (59 días) con una misma marca de alimento. Desde el primer día se inició en la toma de parámetros: Potencial hidrogeno (pH), Salinidad (ppt), temperatura (T), Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), Partes por millón (ppm) los parámetros se analizaron diariamente para notar cambios físicos.

### 2.3.3 Unidad experimental y tratamientos

Su unidad experimental: estanque (piscina).

Tratamientos (2):

- T1 (NTS-6): aplicado en la Piscina 1 (1 ha).
- T2 (HGS-7 activada con polvillo de arroz y melaza): aplicado en la Piscina 2 (4 ha).

Como cada tratamiento está en un único estanque, el experimento carece de replicación a nivel de unidad experimental. La inferencia debe reportarse como comparación entre dos sistemas; se priorizan tendencias, tamaños de efecto y análisis de series temporales.



### **2.3.4 Réplicas y esquema de muestreo**

El estudio se ejecutó durante 8 semanas (febrero-marzo) con frecuencia semanal (8 campañas), constituyendo 8 réplicas temporales por tratamiento, en cada estanque y semana se realizó submuestreo así: para biomasa/peso, 10 muestreos independientes por estanque distribuidos espacialmente, capturando 20 camarones por muestreo (200 individuos/estanque/semana); para agua (pH, temperatura, salinidad, CE/TDS,  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ), 3 puntos por estanque (entrada, centro y salida) a 30 cm de profundidad con réplicas analíticas por parámetro ( $n = 2$ ); para suelo ( $\text{NH}_4$ ), muestreos pre siembra y postcosecha con 5 submuestras compuestas por estanque; el trabajo de campo se estandarizó entre 08:00 y 10:00.

### **2.3.5 Variables y medición**

Las variables consideradas fueron: fisicoquímicas del agua: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, salinidad (ppt), CE/TDS y  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  (ppm), en el suelo:  $\text{NH}_4$  (ppm) pre y post.

Productivas: peso individual (g), biomasa ( $\text{g}$  o  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), supervivencia (%) y mortalidad (%); y en lo económico: costos de NTS-6, HGS-7, melaza y polvillo de arroz, rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ingreso bruto ( $\text{precio} \times \text{kg}$ ), beneficio neto e índice B/C.

### **2.3.6 Recolección de muestra de suelo antes y después de la siembra**

La recolección de muestra de suelo antes de la siembra se realiza siguiendo pasos claves para obtener resultados representativo del terreno. Primero, se delimita el área a muestrear y se divide el área total en cuadrantes o sectores homogéneos, su divisiones:

- En la piscina de 1 hectárea se divide en 4 zonas representativas.
- En la piscina de 4 hectáreas se divide en 6 zonas representativas.

. Luego, con ayuda de una pala o barreno, se toman submuestras con una profundidad (0–20 cm de profundidad) de la capa superior (zona activa donde se acumulan restos orgánicos) cantidad de 500g a 1 kg por muestra compuesta, retirando raíces o piedras grandes. Las submuestras se mezclan en un balde limpio para formar una muestra compuesta homogénea. Estas muestras se colocan en una bolsa limpia, se mezclan para formar una sola muestra compuesta representando todo el estanque, con etiqueta, rotulando datos como el número de la piscina, fecha y nombre Finalmente, se envía al laboratorio, lo antes posible no exponiéndolo

al sol, dentro del objetivo del muestro se analizó parámetros fisicoquímicos del suelo, lo que permitirá ajustar el manejo del suelo antes de la siembra.

Estos mismo procedimiento se llevó a cabo una vez finalizada la cosecha. Antes de su recolección de muestra, se divide en las zonas representativas que se realizó antes de siembra para su recolección muestra de suelo, una vez se colocan en bolsas limpia se mezclan para formar una sola muestra compuesta representando todo el estanque, con etiqueta y finalmente se envió al laboratorio.

### **2.3.7 Preparación de las bacterias**

Bacteria NTS-6 es un consorcio de bacterias que tienen funciones heterótrofas y de carácter nitrificante. Durante la siembra hasta al final de la cosecha se aplicó solamente en la piscina de 1 hectárea se aplica antes de sembrar o después de la sembrada un litro x hectárea, a los 40 días de sembrada la piscina se aplica una segunda dosis, se diluyo en 100 litros de agua de la piscina y se le aplico al boleó. Esta bacteria no se necesita de un proceso de activación ni adicionar productos que mejoren su eficacia.

En la Bacteria HGS-7 en una tina cilíndrico de 1000 Lt. llenar de agua de piscina hasta 500 Lt, se agrega 1 saco de melaza y revolver mientras se agrega 1 Kg de HGS-7 y por último 20 libras de polvillo de arroz, seguir revolviendo hasta que quede homogénea la mezcla. Se le mide el pH con la ayuda de un peachímetro. A continuación, se deja y tapa con un plástico la tina cilíndrico, que no entre nada de oxígeno y después de 3 horas batir nuevamente la mezcla y repetir el proceso cada 3 horas, al tercer día se tira el restante de agua 500 Lt, en el cual es el tiempo de fermentación. Se le aplica a la piscina. Aplicando cada 10 o 15 días.

### **2.3.8 Biomasa del camarón**

Se realizo la biomasa del camarón en la dos piscina para saber su crecimiento.

Se realizaron cinco lances de atarraya para sacar la muestra, se recolecto 20 camarones en cada piscina. Una vez obtenida la muestra se colocaron en un envase plástico que se lo pone sobre la balanza se obtiene el peso total, luego se coloca el envase plástico vacío y también se lo pesa, para restar esta cantidad del peso total. Y después se calcula el peso promedio.

Cálculo de la biomasa promedio individual:

$$\text{Biomasa (g)} = \frac{\text{Peso total de la muestra (g)}}{\text{Numero de camarones}}$$

#### **Cálculo de sobrevivientes**

$$\text{Sobrevivientes} = \text{Camarones sembrados} \times \text{Supervivencia (\%)}$$

#### **Cálculo de biomasa final**

$$\text{Biomasa final (kg)} = \text{Peso promedio final (g)} \times \text{Sobrevivientes} / 1000$$

#### **Cálculo de supervivencia y mortalidad (%)**

$$\text{Supervivencia (\%)} = \text{Sobrevivientes} / \text{camarones sembrados} \times 100$$

$$\text{Mortalidad (\%)} = 100\% - \text{Supervivencia (\%)}$$

### **2.3.9 Análisis Económico por Tratamiento**

Un análisis costo-beneficio evalúa si los beneficios totales de un programa o proyecto superan sus costos totales, considerando todos los gastos y ganancias monetarias. Se trata de un método para tomar decisiones racionales, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y que los resultados positivos justifiquen la inversión.

- Tratamiento Bacteria NTS-6
- Tratamiento Bacteria HGS-7

Lo que se debe calcular son estos datos:

- Biomasa final (kg)
- Ingreso bruto (\$)
- Costo insumos (\$)
- Beneficio neto (\$)
- Rentabilidad (B/C)

Pasos y Fórmulas:

Biomasa (kg)

$$\text{Biomasa final (kg)} = \frac{\text{Peso final (g)}}{1000} \times \text{Sobrevivientes}$$

$$\text{con Sobrevivientes} = \text{Sembrados} \times 0.85$$



- Ingreso bruto
  - $\text{Ingreso bruto} = \text{Biomasa final (kg)} \times p$  (con  $p$ =precio USD/kg).

- Costo insumos por tratamiento

Específicos: Bacteria NTS-6 , Bacteria HGS-7

Comunes (a prorratar 50/50): Polvillo, Melaza, Agua, Análisis, Bolsas, Cuaderno, Transporte.

- Beneficio neto

$\text{Beneficio neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo de insumos}$

- Rentabilidad

Fórmula (beneficio/costo clásico)

$$\blacksquare B/C = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo de insumo}}$$

### **CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **2.4 Resultados de métodos y técnicas de investigación utilizadas**

##### **2.4.1 Análisis Estadísticos descriptivos de parámetros de agua suelo y biomasa con su peso promedio (g) por semana según tratamiento**

El estudio estadístico descriptivo de las características del agua, suelo y biomasa, de acuerdo con cada tratamiento, consiste en el cálculo de indicadores estadísticos como la media, la desviación estándar, la mediana, entre otros, para sintetizar y caracterizar cada parámetro en los distintos tratamientos. Esto facilita la comparación del efecto de cada tratamiento sobre la calidad del agua, el suelo y la biomasa.

**Tabla 3. Estadísticos descriptivos de parámetros de agua según tratamiento**

| Parámetro             | Media   | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo | Tratamiento |
|-----------------------|---------|---------------------|--------|--------|-------------|
| pH                    | 7.98    | 0.12                | 7.80   | 8.20   | NTS-6       |
| Temperatura (°C)      | 29.09   | 0.60                | 28.01  | 29.99  | NTS-6       |
| Conductividad (mS/cm) | 9.21    | 0.16                | 9.00   | 9.49   | NTS-6       |
| TDS (ppm)             | 5055.11 | 643.58              | 3993   | 5925   | NTS-6       |
| Salinidad (ppt)       | 19.75   | 1.35                | 16.70  | 21.88  | NTS-6       |
| pH                    | 8.11    | 0.18                | 7.82   | 8.48   | HGS-7       |
| Temperatura (°C)      | 30.52   | 0.82                | 29.04  | 31.95  | HGS-7       |
| Conductividad (mS/cm) | 9.35    | 0.24                | 9.01   | 9.86   | HGS-7       |
| TDS (ppm)             | 5869.96 | 727.14              | 4512   | 6871   | HGS-7       |
| Salinidad (ppt)       | 21.83   | 2.10                | 18.51  | 24.96  | HGS-7       |

*Fuente: Autoría propio*

HGS-7 presenta valores ligeramente superiores en pH, temperatura, conductividad, TDS y salinidad respecto a NTS-6.

La variabilidad (desviación estándar) es mayor en HGS-7, especialmente en TDS y salinidad, lo que indica mayor fluctuación de estos parámetros bajo ese tratamiento.

Ambos tratamientos mantienen rangos adecuados para la cría de camarón, pero HGS-7 muestra tendencia a valores más elevados en todos los parámetros.

**Tabla 4. Estadísticos descriptivos de parámetros de suelo antes y después del ciclo cultivo**

|            | ANTES DE LA SIEMBRA |           |            | DESPUES DE LA COSECHA |           |
|------------|---------------------|-----------|------------|-----------------------|-----------|
| Parámetro  | Piscina 1           | Piscina 2 | Parámetro  | Piscina 1             | Piscina 2 |
| pH         | 6,2                 | 5,98      | pH         | 7,1                   | 7,05      |
| C.E (dS/m) | 9,82                | 13,35     | C.E (dS/m) | 7,5                   | 11,22     |
| M.O (%)    | 12,65               | 13,18     | M.O (%)    | 11,2                  | 12        |
| NH4 (ppm)  | 37,40               | 61,25     | NH4 (ppm)  | 35                    | 59        |
| P (ppm)    | 17,75               | 30,37     | P (ppm)    | 16,5                  | 28        |

|               |                |                |               |                |                |
|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| S (ppm)       | 285,11         | 283,91         | S (ppm)       | 270,00         | 275            |
| K (meq/100g)  | 3,36           | 3,57           | K (meq/100g)  | 3,20           | 3,4            |
| Ca (meq/100g) | 16,00          | 16,00          | Ca (meq/100g) | 15,51          | 15,8           |
| Mg (meq/100g) | 3,70           | 3,75           | Mg (meq/100g) | 3,5            | 3,6            |
| Σ bases       | 23,06          | 23,32          | Σ bases       | 22,2           | 22,8           |
| Cu (ppm)      | 2,40           | 1,8            | Cu (ppm)      | 2,17           | 1,7            |
| B (ppm)       | 9,11           | 12,10          | B (ppm)       | 8,91           | 11,5           |
| Fe (ppm)      | 50,0           | 54,7           | Fe (ppm)      | 48             | 52             |
| Zn (ppm)      | 12,8           | 11,50          | Zn (ppm)      | 12,20          | 11             |
| Mn (ppm)      | 19,00          | 15,60          | Mn (ppm)      | 18,00          | 15             |
| Ca/Mg         | 4,32           | 4,27           | Ca/Mg         | 4,43           | 4,39           |
| Mg/K          | 1,10           | 1,05           | Mg/K          | 1,09           | 1,06           |
| (Ca+Mg)/K     | 5,86           | 5,53           | (Ca+Mg)/K     | 5,67           | 5,51           |
| Textura       | franco arenoso | franco arenoso | Textura       | franco arenoso | franco arenoso |

*Fuente: Autoría propio*

Los parámetros del suelo presentaron cambios entre el inicio y el final del ciclo en ambos tratamientos. El pH aumentó tras la cosecha en las dos piscinas, mientras que la conductividad eléctrica y el contenido de amonio ( $\text{NH}_4$ ) disminuyeron, reflejando el efecto del proceso productivo y la acción de los tratamientos aplicados. Los contenidos de materia orgánica y otros nutrientes mostraron ligeras reducciones, manteniéndose en rangos adecuados para la actividad camaronera. Estos resultados sugieren que ambos manejos bacterianos permitieron condiciones de suelo estables y con reducción de amonio al finalizar el ciclo de cultivo.

**Tabla 5.** *Estadísticos descriptivos del peso promedio de camarón (g) por semana por el tratamiento NTS-6.*

| Tratamiento | Media | DE   | Mín  | Máx   |
|-------------|-------|------|------|-------|
| NTS-6       | 8.59  | 6.49 | 0.24 | 18.49 |

*Fuente: Autor propio*

La variabilidad semanal fue nula ( $\text{DE}=0$ ) debido a que los datos representan promedios únicos por semana. En términos generales, el promedio de biomasa alcanzado en NTS-6 fue de



8.59 ± 6.49 g, mostrando un crecimiento sostenido y adecuado bajo las condiciones del experimento.

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos del peso promedio de camarón (g) por semana por el tratamiento HSG7

| Tratamiento | Media | DE   | Mín  | Máx   |
|-------------|-------|------|------|-------|
| HSG7        | 9.78  | 7,00 | 0.35 | 19.75 |

*Fuente: Autoría propio*

El peso promedio de los camarones aumentó progresivamente cada semana, iniciando con 0.35 g en la primera semana y alcanzando 19.75 g al final del ciclo productivo. El crecimiento fue sostenido y superior al observado en el tratamiento NTS-6, reflejando un desarrollo eficiente bajo las condiciones de manejo con HGS-7.

#### 2.4.2 Intervalos de confianza al 95% (IC95%) por semana y tratamiento

Para cada semana y tratamiento:

Punto = media ( $\bar{x}$ ) del peso individual de  $n = 20$  camarones muestreados esa semana.

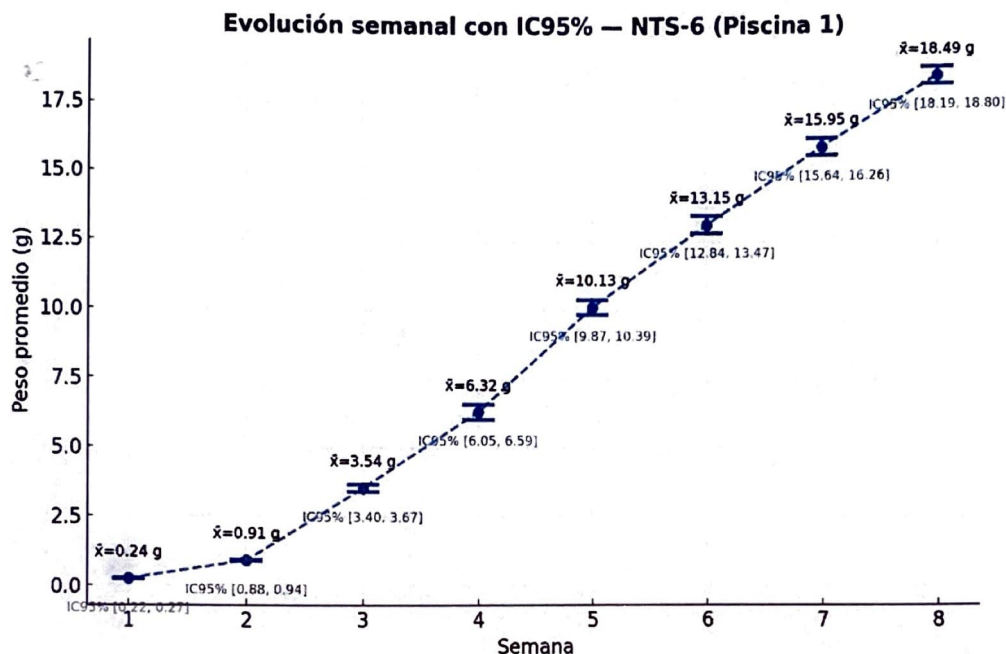
Barras verticales = IC95% ( $\text{media} \pm t \cdot \text{EE}$ ), calculados con:

- DE (s) = desviación estándar de los 20 pesos promediales
- $\text{EE} = s/\sqrt{n}$ , con  $n = 20$ ,
- $t$  para 95% y  $gl = 19$  ( $\approx 2,093$ ).

Etiqueta encima de cada punto indica: Semana,  $\bar{x}$  (g) e IC95% [LInf, LSup].

Cada punto representa la media semanal del peso individual de  $n = 20$  camarones por tratamiento. Las barras muestran el intervalo de confianza al 95% (IC95%) calculado como  $\text{media} \pm t_{0.975,19} \cdot (s/\sqrt{n})$ , donde  $s$  es la desviación estándar y  $n$  el tamaño muestral semanal.

**Grafico 6. Evolución semanal del peso promedio de camarón por tratamiento en la piscina1**



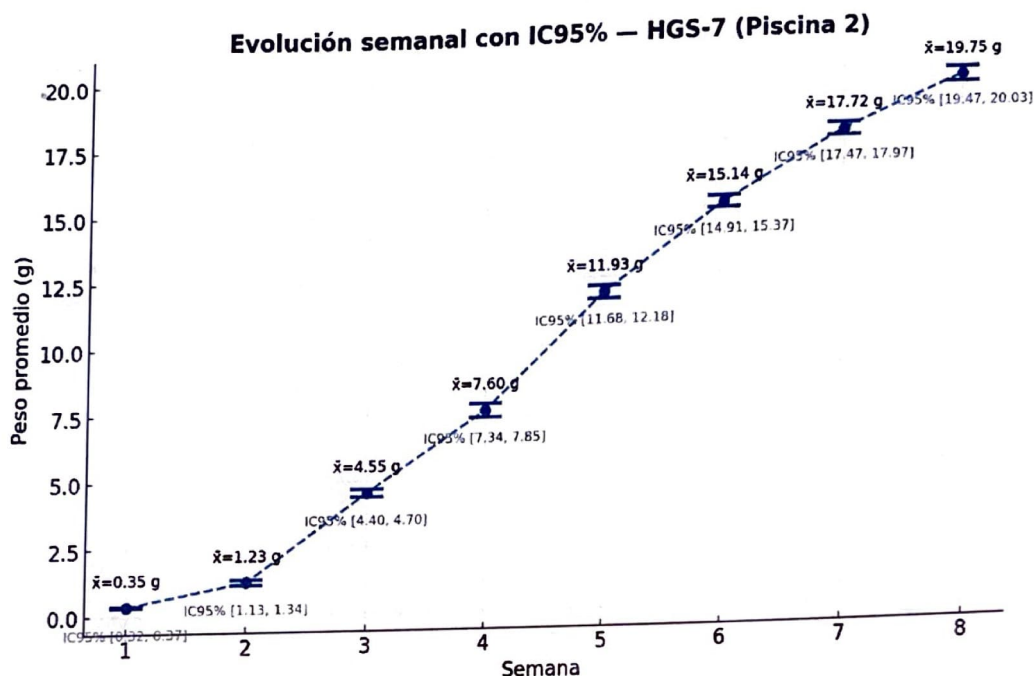
**Fuente:** Autoría propio

En la semanas 1–2 (arranque): pesos muy bajos ( $\approx 0,24$ – $0,91$  g) y IC95% estrechos. Indica baja variabilidad entre individuos y buena precisión de la media en esta fase inicial.

Semanas 2–5 (aceleración): incremento marcado ( $0,91 \rightarrow 10,13$  g). La pendiente se empina por el crecimiento acelerado típico de la fase media del cultivo. Las barras crecen levemente (más peso = algo más de variabilidad), pero siguen siendo cortas unas estimaciones confiables.

Semanas 5–8 (maduración): la curva sigue subiendo ( $10,13 \rightarrow 18,49$  g) con pendiente estable. Las barras permanecen ajustadas ( $\approx \pm 0,25$ – $0,35$  g), lo que sugiere condiciones de cultivo estables y muestreos consistentes.

**Grafico 7. Evolución semanal del peso promedio de camarón por tratamiento en la piscina2**



**Fuente:** Autoría propio

En las semanas 1–2: arranque algo más alto que NTS-6 ( $\approx 0,35$  y  $1,23$  g). Barras muy estrechas con alta precisión.

Semanas 2–6 (tramo fuerte): crecimiento de  $1,23 \rightarrow 15,14$  g; la pendiente es algo más pronunciada que en NTS-6, lo que sugiere que la activación con fuentes de carbono (polvillo más melaza) podría estar impulsando el crecimiento en esta fase.

Semanas 6–8: se mantiene por encima de NTS-6, culminando en  $19,75$  g. Las barras siguen cortas ( $\pm \approx 0,25$ – $0,30$  g), indicando buena precisión pese al mayor peso.

El tratamiento NTS-6 sostiene un patrón de crecimiento regular a lo largo de las 8 semanas, con precisión alta (IC95% estrechos). No se observan semanas “atípicas” ni caídas, la calidad del muestreo y del ambiente parece homogénea.

En el tratamiento de la bacteria HGS-7 muestra una ventaja consistente en peso promedio semanal frente a NTS-6 durante todo el periodo, con incertidumbre baja (IC95% estrechos), lo que refuerza la lectura de una pendiente de crecimiento ligeramente superior.



La Comparación del peso promedio final (semana 8) entre los tratamientos NTS-6 y HGS4.

| Tratamiento | Media (g) | Desviación estándar | N  |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| NTS-6       | 18.49     | 0.66                | 20 |
| HGS-7       | 19.75     | 0.60                | 20 |

*Fuente: Autoría propio*

| Estadístico                 | Valor          |
|-----------------------------|----------------|
| Grados de libertad          | 38             |
| t calculado                 | -6.35          |
| t crítico ( $\alpha=0.05$ ) | $\pm 2.024$    |
| p-valor                     | 0.000          |
| Significativo               | ( $p < 0.05$ ) |

*Fuente: Autoría propio*

Al comparar el peso promedio final de los camarones en la semana 8, el grupo tratado con HGS-7 presentó una media significativamente mayor (19.75 g) respecto al grupo NTS-6 (18.49 g). La prueba t de Student resultó en un valor  $t = -6.35$  (gl = 38), siendo mayor en valor absoluto que el valor crítico de  $t$  ( $\pm 2.024$ ) y con un p-valor  $< 0.001$ . Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias y se concluyó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, a favor de HGS-7.

#### 2.4.3 Coeficiente de correlación (r) entre parámetros de agua y biomasa semanal

El índice de correlación (r) entre los factores de agua y biomasa, en el marco semanal, evalúa la intensidad y la dirección de la relación lineal entre esas variables. Un valor de r que se aproxime a +1 sugiere una correlación positiva robusta, mientras que uno cercano a -1 indica una correlación negativa fuerte, y un valor cerca de 0 señala una correlación débil o inexistente. En el análisis semanal, esto facilita la comprensión de cómo las variaciones en las variables de agua se conectan con las alteraciones en la biomasa con el paso del tiempo.

Se llevo a cabo los parámetros de agua como pH, temperatura, conductividad eléctrica, partes por millón y salinidad con los dos tipos de tratamiento para cada piscina.

**Tabla 7.** *.Coeficiente de correlación (r) entre parámetros de agua y biomasa semanal*

| Parámetro             | r (NTS-6) | r (HGS-7) |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Semana                | 0.99      | 0.99      |
| Ph                    | 0.03      | 0.48      |
| Temperatura (°C)      | 0.14      | 0.38      |
| Conductividad (mS/cm) | 0.23      | 0.10      |
| TDS (ppm)             | 0.24      | 0.04      |
| Salinidad (ppt)       | 0.38      | 0.32      |

*Fuente: Autoría propio*

En el tratamiento NTS-6, las correlaciones entre los parámetros de agua y la biomasa fueron en general débiles. El valor más alto correspondió a la salinidad ( $r = 0.38$ ), mientras que pH, temperatura, conductividad resumen y TDS presentaron relaciones muy bajas ( $r < 0.25$ ). Esto sugiere que, bajo el tratamiento NTS-6, la variabilidad semanal en la biomasa no estuvo fuertemente asociada a las fluctuaciones de los parámetros medidos.

En el tratamiento HGS-7, se observó una correlación moderada entre pH y biomasa ( $r = 0.48$ ) y una correlación algo menor con la temperatura ( $r = 0.38$ ). Sin embargo, la conductividad y los sólidos totales disueltos (TDS) mostraron relaciones muy débiles ( $r < 0.10$ ), mientras que la salinidad tuvo una relación débil ( $r = 0.32$ ). Estos resultados indican que, bajo el tratamiento HGS-7, el incremento de pH y temperatura semanal se asoció en mayor medida al aumento de biomasa respecto al tratamiento NTS-6.

El valor tan alto ( $r \approx 0.99$ ) indica una relación casi perfecta y positiva entre la semana de cultivo y la biomasa promedio semanal. Esto simplemente refleja que a medida que pasan las semanas, la biomasa del camarón siempre aumenta de manera progresiva, ya que los camarones crecen con el tiempo.

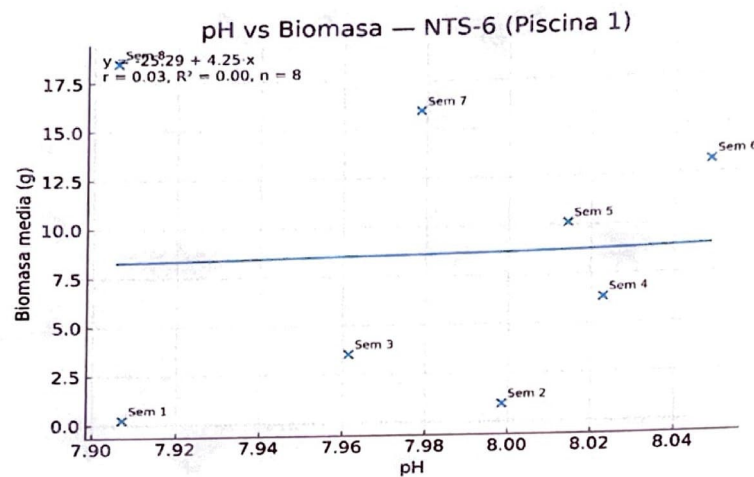
#### **2.4.4 Representación gráfica entre los parámetros fisicoquímicos del agua vs la biomasa**

La representación gráfica de los parámetros fisicoquímicos del agua frente a la biomasa promedio del camarón en las piscinas NTS-6 y HGS-7 permite visualizar la influencia potencial de factores ambientales sobre el crecimiento de los organismos. Se realizó en gráficos de dispersión, obteniendo estos resultados.

### 2.4.5 Gráficos de Dispersión con ajustes regresión lineal

Cada punto corresponde al promedio semanal del parámetro (eje X) y de la biomasa individual (eje Y) para el tratamiento indicado (n = 8 semanas, 20 individuos por semana). Se ajustó una regresión lineal ( $y = a + b \cdot x$ ) cuya ecuación y estadísticos ( $r$ ,  $R^2$ ,  $n$ ) aparecen en cada gráfica.

**Grafico 8. pH vs Biomasa Promedio NTS-6 (Piscina 1)**

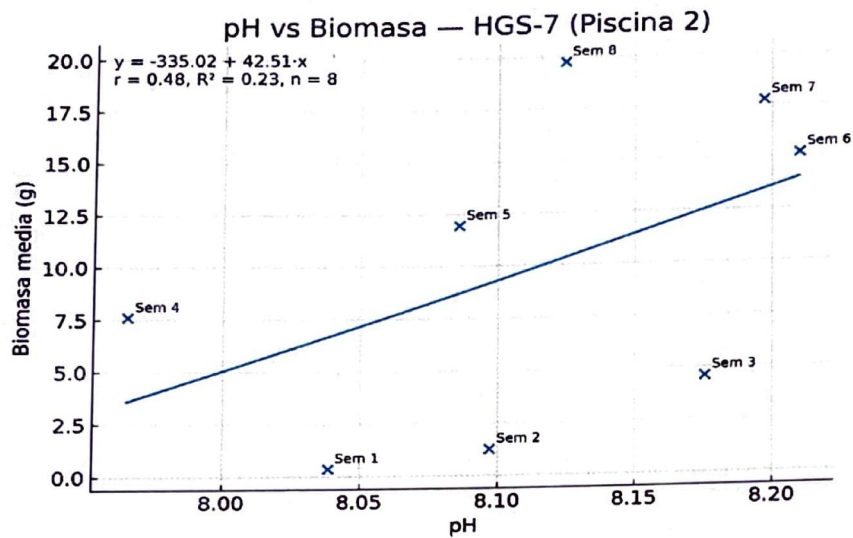


**Fuente:** Autoría propio

Se observa una asociación débil y positiva entre pH y la biomasa ( $b = 4.25$ ;  $r = 0.03$ ;  $R^2 = 0.00$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 0% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento NTS-6.



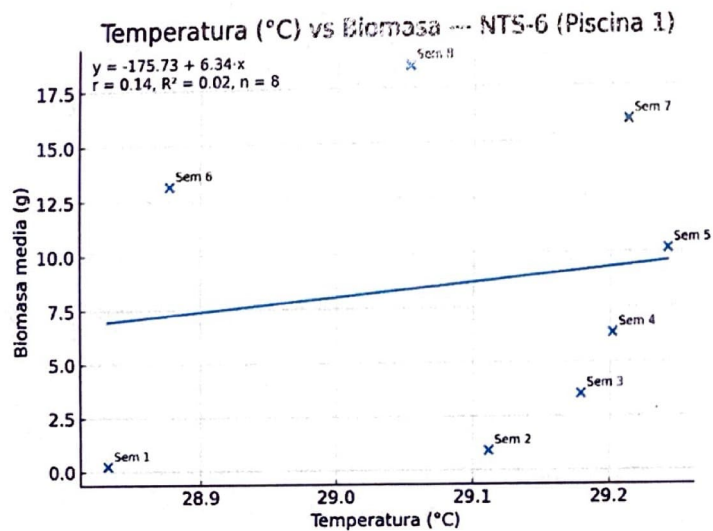
**Grafico 9. pH vs biomasa HGS-7 (Piscina 2)**



*Fuente: Autoría propio*

Se observa una asociación débil y positiva entre pH y la biomasa ( $b = 42.51$ ;  $r = 0.48$ ;  $R^2 = 0.23$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 23% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7.

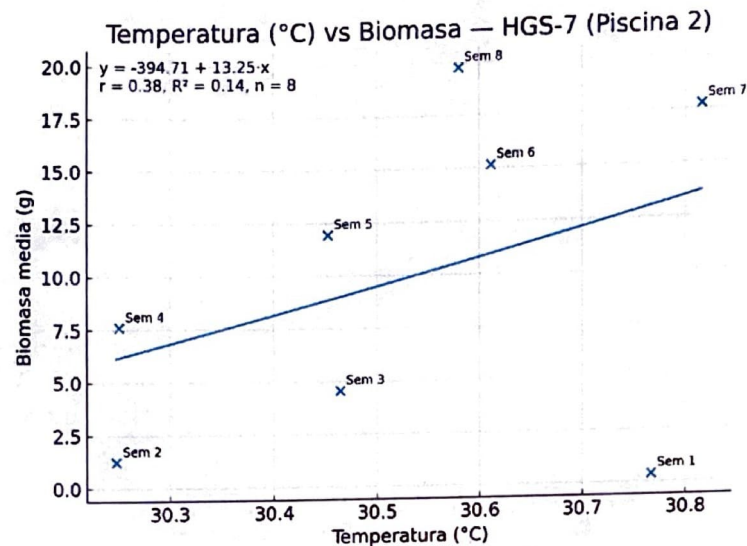
**Grafico 10. Temperatura (°C) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1)**



*Fuente: Autoría propio*

Se observa una asociación débil y positiva entre temperatura (°C) y la biomasa ( $b = 6.34$ ;  $r = 0.14$ ;  $R^2 = 0.02$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 2% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento NTS-6.

**Grafico 11. Temperatura (°C) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2)**

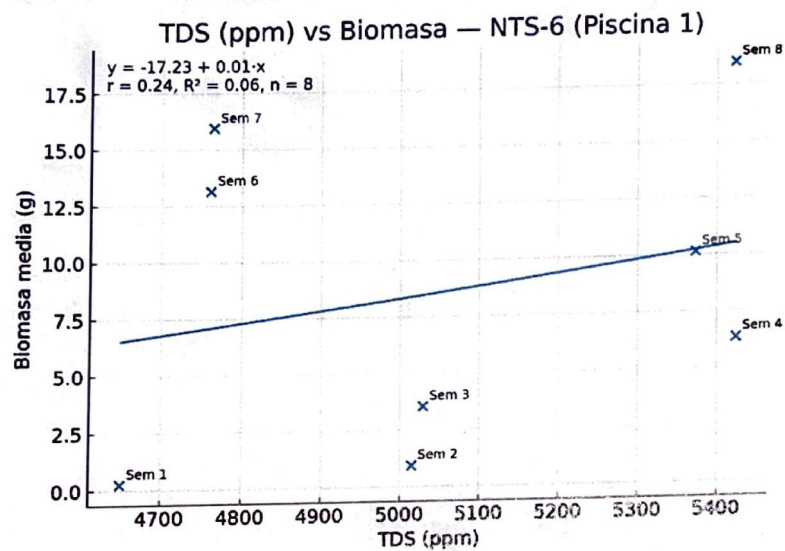


**Fuente:** Autoría propio

Se observa una asociación débil y positiva entre temperatura (°C) y la biomasa ( $b = 13.25$ ;  $r = 0.38$ ;  $R^2 = 0.14$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 14% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7.

Se observa una asociación débil y positiva entre conductividad (ms/cm) y la biomasa ( $b = 6.96$ ;  $r = 0.10$ ;  $R^2 = 0.01$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 1% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7.

**Grafico 14. TDS (ppm) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1)**

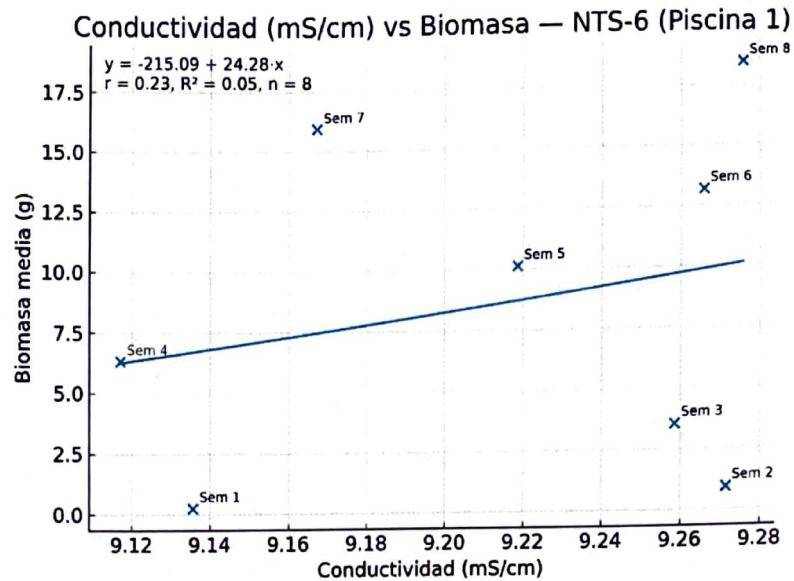


**Fuente:** Autoría propio

Se observa una asociación débil y positiva entre conductividad (ms/cm) y la biomasa ( $b = 6.96$ ;  $r = 0.10$ ;  $R^2 = 0.01$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 1% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7.



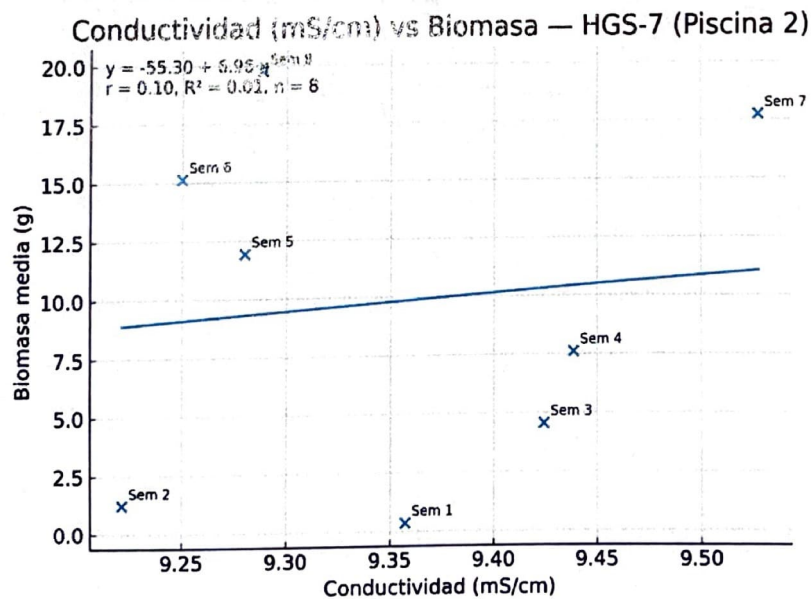
**Grafico 12. Conductividad (mS/cm) vs biomasa NTS-6 (Piscina 1)**



*Fuente: Autoría propio*

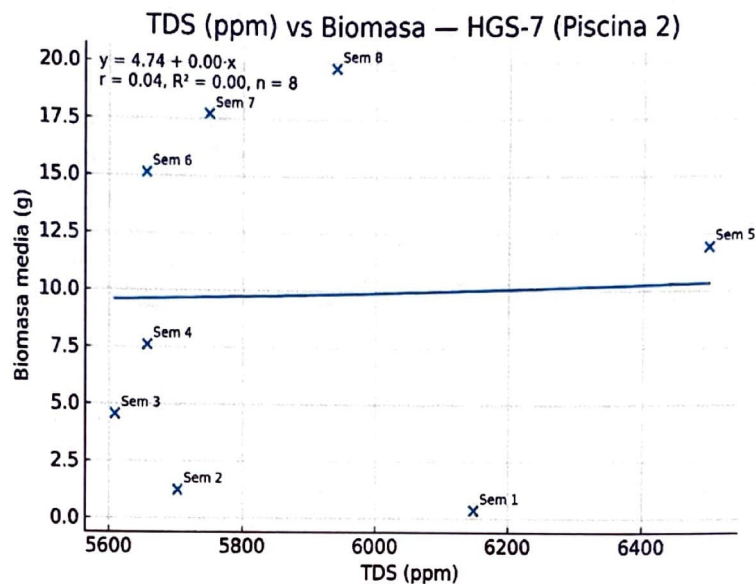
Se observa una asociación débil y positiva entre conductividad (ms/cm) y la biomasa ( $b = 24.28$ ;  $r = 0.23$ ;  $R^2 = 0.05$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 5% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento NTS-6.

**Grafico 13. Conductividad (mS/cm) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2)**



*Fuente: Autoría propio*

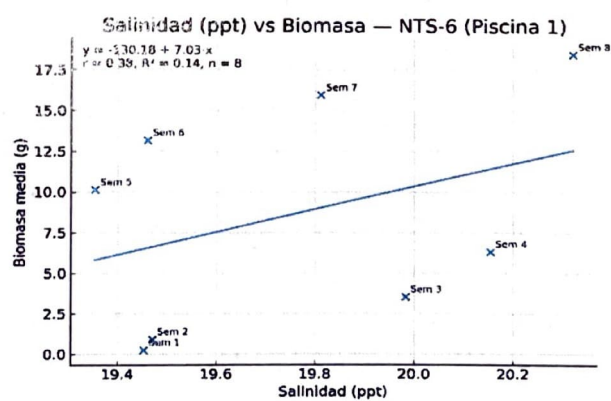
**Grafico 15. TDS (ppm) vs biomasa HSG-7 (Piscina 2)**



**Fuente:** Autoría propio

Se observa una asociación débil y positiva entre tds (ppm) y la biomasa ( $b = 0.00$ ;  $r = 0.04$ ;  $R^2 = 0.00$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 0% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7.

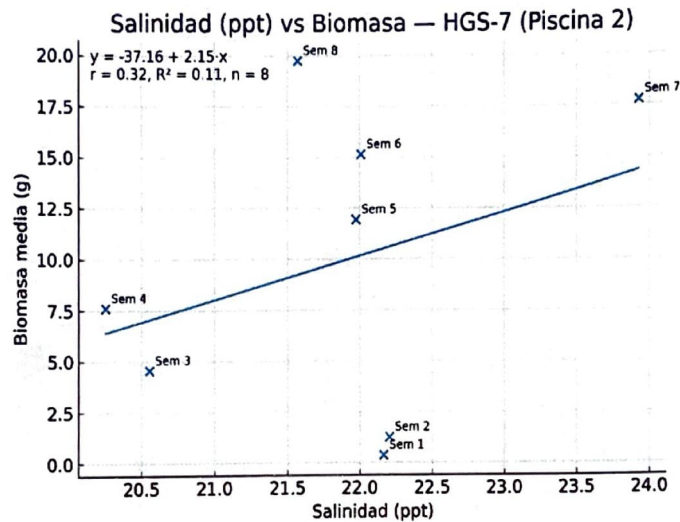
**Grafico 16. Salinidad (ppt) vs biomasa — NTS-6 (Piscina 1)**



**Fuente:** Autoría propio

Se observa una asociación débil y positiva entre salinidad (ppt) y la biomasa ( $b = 7.03$ ;  $r = 0.38$ ;  $R^2 = 0.14$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 14% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento NTS-6.

**Grafico 17. Salinidad (ppt) vs biomasa HGS-7 (Piscina 2)**



*Fuente: Autoría propio*

Se observa una asociación débil y positiva entre salinidad (ppt) y la biomasa ( $b = 2.15$ ;  $r = 0.32$ ;  $R^2 = 0.11$ ;  $n = 8$ ). El valor de  $R^2$  indica que este modelo explica aproximadamente el 11% de la variación semanal de la biomasa bajo el tratamiento HGS-7

### 3.1.6. Biomasa, supervivencia y mortalidad

Se realizo el cálculo de la biomasa, su supervivencia y mortalidad en los tipos de tratamientos para eso se realiza con las siguientes formulas:

**Cálculos realizados:**

- Biomasa inicial (kg):  $\text{Peso inicial} \times \text{Sembrados} / 1000$

$$\text{NTS-6:} = \frac{0.24 \text{ g} \times 400,000}{1000} = 96.00 \text{ kg}$$

$$\text{HGS-7:} = \frac{0.35 \text{ g} \times 850,000}{1000} = 297.50 \text{ kg}$$



- Supervivientes: Sembrados  $\times$  0.85  
 NTS-6:  $400,000 \times 0.85 = 340,000$   
 HGS-7:  $850,000 \times 0.85 = 722,500$
- Muertos: Sembrados – Supervivientes  
 NTS-6:  $400,000 - 340,000 = 60,000$   
 HGS-7:  $850,000 - 722,500 = 127,500$
- Biomasa final (kg): Peso final  $\times$  Sobrevivientes / 1000  
 NTS-6:  $18.49g \times 340,000 \div 1000 = 6,286.6$  kg  
 HGS-7:  $19.75g \times 722,500 \div 1000 = 14,269.4$  kg

**Tabla 8.** *Cálculo de biomasa, supervivencia y mortalidad*

| Variable                  | NTS-6   | HGS-7    |
|---------------------------|---------|----------|
| Sembrados                 | 400.00  | 850.00   |
| Peso promedio inicial (g) | 0.24    | 0.35     |
| Biomasa inicial (kg)      | 96.000  | 297.5    |
| Sobrevivientes            | 340     | 722,5    |
| Muertos                   | 60      | 127,5    |
| Peso promedio final (g)   | 18.49   | 19.75    |
| Biomasa final (kg)        | 6,286.6 | 14,269.4 |
| Supervivencia (%)         | 85      | 85       |
| Mortalidad (%)            | 15      | 15       |

*Fuente: Autoría propio*

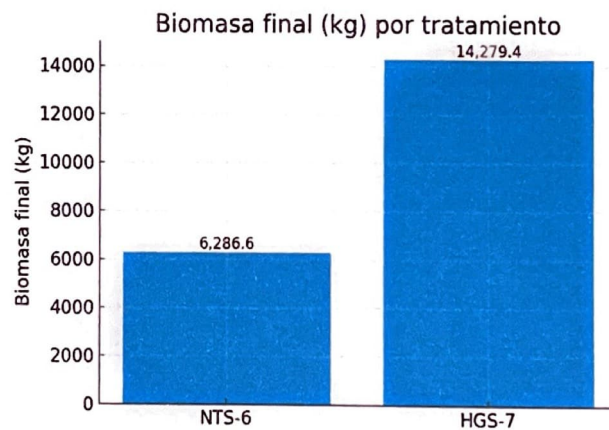
Para estimar la biomasa final de camarón y los índices de supervivencia y mortalidad, se consideró la cantidad inicial de organismos sembrados y una tasa de supervivencia estimada del 85%, basada en parámetros productivos típicos de cultivos intensivos de *Litopenaeus vannamei*

bajo condiciones controladas. Así, en la piscina NTS-6 se estimó un total de 340,000 camarones sobrevivientes de los 400,000 sembrados, mientras que en la piscina HGS-7 se proyectó la supervivencia de 722,500 camarones de un total inicial de 850,000.

Para calcular la biomasa final, se multiplicó el peso promedio al final del cultivo por la cantidad de camarones que sobrevivieron. Así, el tratamiento con NTS-6 alcanzó unas 6 286,6 kg, mientras que el de HGS-7 llegó a 14 269,4 kg.

Ambos tratamientos mantuvieron una supervivencia del 85 % (y una mortalidad del 15 %), cifras que entran dentro de lo esperado para sistemas intensivos. En conjunto, estos resultados muestran que el manejo fue efectivo y que los factores ambientales y tecnológicos del cultivo jugaron un papel clave.

**Grafico 18. Biomasa final (kg) por tratamiento**

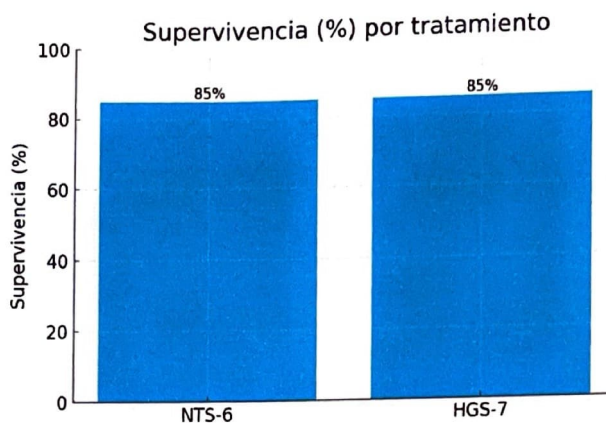


**Fuente:** Autoría propio

La biomasa final estimada es 14 279,4 kg para HGS-7 y 6 286,6 kg para NTS-6 (diferencia  $\approx +7\,992,8$  kg;  $\approx +127$  %). La mayor biomasa en HGS-7 proviene de dos factores:

Más individuos sobrevivientes (siembra 850 mil vs 400 mil y misma supervivencia del 85 %), y mayor peso final individual (19,75 g vs 18,49 g).

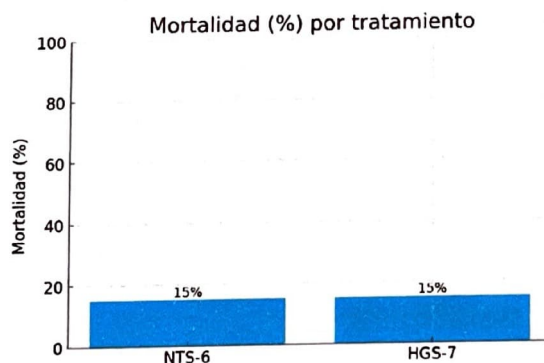
**Grafico 19. Supervivencia (%) por tratamiento**



**Fuente:** Autoría propio

Ambos tratamientos reportan supervivencia 85 %. No se evidencian diferencias en supervivencia entre tratamientos. Por tanto, las diferencias en biomasa no se deben a tasas de supervivencia, sino a la densidad de siembra y al peso final por individuo.

**Grafico 20. Mortalidad (%) por tratamiento**



**Fuente:** Autoría propio

Ambos tratamientos reportan una mortalidad 15 %. No se evidencian diferencias en mortalidad entre tratamientos. Por tanto, las diferencias en biomasa no se deben a tasas de supervivencia, sino a la densidad de siembra y al peso final por individuo.

#### **2.4.7 Amonio en el suelo antes y después de la cosecha**

La concentración de amonio en el suelo es un parámetro importante para el cultivo del camarón porque influye en su desarrollo y rendimiento, además de incrementar la probabilidad de



infecciones respiratorias. Antes de la siembra y después de la cosecha se hizo su respectivo análisis de suelo donde se demostró una diferencia de reducción.

**Tabla 9.** *Concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en suelo antes y después de la cosecha*

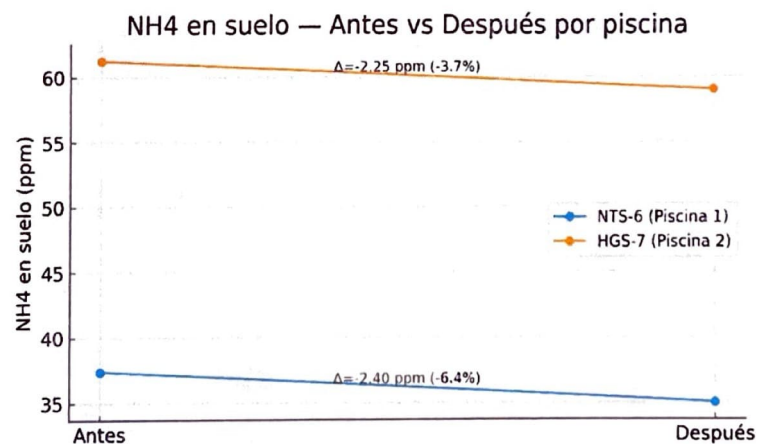
- **Piscina 1** → Tratamiento NTS-6
- **Piscina 2** → Tratamiento HGS-7

| Piscina   | $\text{NH}_4$ antes (ppm) | $\text{NH}_4$ después (ppm) | Reducción (ppm) |
|-----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Piscina 1 | 37.40                     | 35.00                       | 2.40            |
| Piscina 2 | 61.25                     | 59.00                       | 2.25            |

*Fuente: Autoría propio*

Se observa una ligera disminución de los niveles de amonio en el suelo, lo que sugiere un efecto positivo del manejo aplicado durante el cultivo, aunque la magnitud del cambio es baja y podrían influir otros factores ambientales o de manejo.

**Grafico 21.** *Reducción de amonio en suelo antes y después del cultivo*



*Fuente: Autoría propio*

En ambas piscinas el amonio en suelo ( $\text{NH}_4$ , ppm) disminuye del inicio al final del cultivo.

Las líneas conectan el valor “Antes” con el valor “Después” en cada piscina, y sobre cada línea se indica el cambio absoluto ( $\Delta$ , ppm) y el cambio relativo (%).

El amonio en suelo ( $\text{NH}_4$ , ppm) disminuyó del inicio al final del ciclo en ambas piscinas: NTS-6: 37,40 a 35,00 ppm ( $\Delta = -2,40$  ppm;  $-6,4\%$ ); HGS-7: 61,25 a 59,00 ppm ( $\Delta = -2,25$  ppm;  $-3,7\%$ ). Dado que solo se dispone de  $n = 1$  medición por piscina en cada momento.

#### 2.4.8 Establecer los costos de producción del cultivo semi intensivo

**Tabla 10. Costos de producción**

| Costos de producción por dos meses de cultivo |          |             |          |
|-----------------------------------------------|----------|-------------|----------|
| DESCRIPCION                                   | CANTIDAD | V. UNITARIO | V. TOTAL |
| BACTERIA NTS-6/ LITROS                        | 2        | \$20,00     | \$40,00  |
| BACTERIA HGS-7/KILOS                          | 2        | \$25,00     | \$50,00  |
| POLVILLO DE ARROZ/<br>LIBRAS                  | 2        | \$4,00      | \$8,00   |
| MELAZA /CANECA                                | 2        | \$12,00     | \$24,00  |
| MULTIPARAMETRO                                | 1        | \$65,00     | \$65,00  |
| AGUA DESTILADA LITRO                          | 1        | \$2,60      | \$2,60   |
| BALANZA CARMY                                 | 1        | \$12,00     | \$12,00  |
| GAVETA                                        | 1        | \$7,00      | \$7,00   |
| ANLISIS DE SUELO                              | 4        | \$43,00     | \$172,00 |
| BOLSAS LIMPIA PAQUETE                         | 1        | \$1,50      | \$1,50   |
| CUADERNO                                      | 1        | \$0,50      | \$0,50   |
| TRANSPORTE DIARIO                             | 54       | \$1,00      | \$54,00  |
| TOTAL                                         |          |             | \$436,60 |

**Fuente:** Autoría propio

En el desglose de costos directos del ensayo se registró un total de USD 436,60; los rubros de mayor peso fueron análisis de suelo USD 172,00 equipo multiparámetro USD 65,00 y transporte diario USD 54,00.

Los insumos del tratamiento (bacterias NTS-6 y HGS-7, polvillo de arroz y melaza) suman USD 122,00 (35,2%), mientras que los servicios/operación (análisis, agua destilada, transporte, bolsas y cuaderno) aportan USD 140,60. El componente de equipos/utensilios (multiparámetro, balanza y gaveta) representa USD 84,00.

#### 2.4.9 Análisis costo-beneficio en el estudio

El estudio de costo-beneficio calcula los beneficios totales anticipados de un programa en comparación con sus costos totales proyectados demostrando que ambos tratamientos resultaran altamente rentables. Los componentes clave del análisis:

- Biomasa (kg)

$$\text{Biomasa final (kg)} = \frac{\text{Peso final (g)}}{1000} \times \text{Sobrevivientes}$$

$$\text{con Sobrevivientes} = \text{Sembrados} \times 0.85$$

$$\text{NTS-6: } 18.49 \times 340,000 / 1000 = 6\,286.6 \text{ kg}$$

$$\text{HGS-7: } 19.75 \times 722,500 / 1000 = 14\,279.4 \text{ kg}$$

- Ingreso bruto

$$\text{Ingreso bruto} = \text{Biomasa final (kg)} \times p \text{ (con } p = \text{precio USD/kg)}.$$

$$p = 3.50 \text{ USD/kg}$$

- NTS-6:  $6\,286.6 \times 3.50 = 22\,003.10$

- HGS-7:  $14\,279.4 \times 3.50 = 49\,977.90$

- Costo insumos

$$\text{Específicos: Bacteria NTS-6} = \$40; \text{ Bacteria HGS-7} = \$50.$$

$$\text{Comunes (a prorratar 50/50): Polvillo 8 + Melaza 24 + Agua 2.6 + Análisis 172 + Bolsas 1.5 + Cuaderno 0.5 + Transporte 54} = 262.6 \text{ (} 262.6 \div 2 = 131.3 \text{) por tratamiento.}$$

- Beneficio neto

$$\text{Beneficio neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo de insumos}$$

$$(p = 3.50):$$

$$\text{NTS-6: } 22\,003.10 - 171.3 = 21\,831.80$$

$$\text{HGS-7: } 49\,977.90 - 181.3 = 49\,796.60$$

- Rentabilidad

$$\text{Fórmula (beneficio/costo clásico)}$$



$$B/C = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo de insumo}}$$

(p = 3.50):

NTS-6: 22 003.10/171.3=128.45

HGS-7: 49 977.90/181.3=275.94

**Tabla 11. Análisis Económico por Tratamiento**

| Métrica                     | NTS-6     | HGS-7     |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| <b>Biomasa final (kg)</b>   | 6,286.6   | 14,279.4  |
| <b>Ingreso bruto (USD)</b>  | 22,003.10 | 49,977.90 |
| <b>Costo insumos (USD)</b>  | 171.30    | 181.30    |
| <b>Beneficio neto (USD)</b> | 21,831.80 | 49,796.60 |
| <b>Rentabilidad (B/C)</b>   | 128.43    | 275.66    |

*Fuente: Autoría propio*

Con los costos directos considerados, ambos tratamientos resultan rentables, pero HGS-7 muestra mejor desempeño.

HGS-7 alcanzó mayor biomasa (~14,27 t vs 6,29 t), diluye costos comunes y reduce el costo unitario (USD 0,0156/kg vs 0,0339/kg). Así, a precios de mercado razonables, HGS-7 proyecta mayor ingreso bruto y beneficio neto que NTS-6.

El análisis prorrateó 50/50 los costos comunes y asignó las bacterias específicas a cada tratamiento, sin cargar equipos (capital) al ciclo.

## 2.5 Discusión

En el cultivo, la adición de polvillo de arroz y melaza (HGS-7) no se tradujo en una disminución estadísticamente significativa del amonio en suelo, pese a descensos descriptivos. Este resultado contrasta con trabajos en sistemas BFT donde la melaza ha mostrado ser un inductor más eficaz de la asimilación heterotrófica de TAN que el polvillo/rice bran, por su disponibilidad rápida de carbono; de hecho, se ha reportado que rice bran controla peor el amonio que la melaza en *L. vannamei*, lo que sugiere que la calidad y la rapidez de mineralización del carbono importan tanto como la dosis total aplicada. (Xue, et al. 2021).

Hay, además, condicionantes operativos bien documentados para la nitrificación: requiere oxígeno disuelto elevado y alcalinidad; el proceso consume alcalinidad y acidifica el medio, por lo que, si no se compensa, la oxidación de  $\text{NH}_4^+$  se frena. Asimismo, el pH y la temperatura determinan la fracción tóxica  $\text{NH}_3$ , alterando la disponibilidad de sustrato para las nitrificantes. Estos requisitos podrían haber limitado el efecto en nuestras condiciones.

Muchos estudios evalúan TAN en columna de agua con series semanales y seguimiento de  $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ ; en lo cual contrastamos suelo pre-post, lo que puede subestimar variaciones diarias en la fase disuelta y no captura la vía nitrificante completa. Cuando se controlan simultáneamente C/N (=12–16:1 o mayores), oxigenación y alcalinidad, se han descrito reducciones claras de TAN; la ausencia de ese andamiaje metodológico y operativo podría explicar la falta de significancia en nuestro caso. (Hargreaves, 1998), (Xue, et al. 2021)

A diferencia del amonio en suelo, encontramos mayor peso final bajo el tratamiento con polvillo + melaza. Esto sí concuerda con trabajos que reportan mejoras de crecimiento cuando se incorporan fuentes de carbono adecuadas, explicadas por una combinación de estabilidad de la calidad del agua y aporte microbiano utilizable por el camarón. Estudios que comparan diferentes fuentes de carbono en *L. vannamei* muestran que la melaza (sola o combinada) suele asociarse a mejor desempeño zootécnico que fuentes complejas como harinas o salvados cuando el manejo es consistente, aunque los efectos pueden variar según dosis, densidad y manejo alimentario.

El análisis interno mostró mayor rentabilidad en el tratamiento con polvillo + melaza, fundamentalmente por la mayor producción obtenida. La evidencia externa es mixta, pero en general indica que los sistemas que logran traducir mejoras zootécnicas en productividad por área

tienden a ser más competitivos, mientras que su viabilidad depende de costos energéticos y precios de venta. Estudios de viabilidad y metaanálisis recientes subrayan que el margen mejora cuando el rendimiento crece y se gestiona adecuadamente el costo de insumos y energía, aunque en ciertas escalas los costos operativos pueden elevarse si el manejo no es eficiente. Nuestra conclusión más rentable cuando sube la biomasa está alineada con ese patrón

### 3.3. Conclusión

En las condiciones y escala evaluadas, la tecnología simbiótica con polvillo de arroz y melaza (HGS-7) mejoró significativamente el crecimiento y maximizó la rentabilidad frente a NTS-6. Sin embargo, no se demostró una reducción significativa del amonio, por lo que ese efecto no puede afirmarse con la evidencia disponible. Para consolidar estos hallazgos, se sugiere diseño experimental con réplicas por tratamiento, monitoreo semanal estandarizado de amonio (suelo/agua) y análisis de sensibilidad económica (precio del camarón, mano de obra y dosis de carbono) que permita optimizar la relación técnica-económica del manejo simbiótico.

La comparación del peso final mostró diferencias significativas a favor del tratamiento HGS-7, lo que indica que la activación simbiótica con fuentes de carbono potenció el crecimiento bajo las condiciones del cultivo. Este resultado sugiere efectos indirectos benéficos (p. ej., mayor disponibilidad de alimento microbiano y/o estabilidad de la calidad de agua dentro de rangos de confort), aun cuando el amonio no se redujo de forma significativa. En síntesis, HGS-7 promovió un mayor gramaje que NTS-6 en el periodo evaluado.

El análisis costo beneficio concluye que ambos tratamientos fueron rentables, pero HGS-7 fue económicamente superior, al presentar una relación beneficio/costo y margen neto más favorables. La ventaja económica de HGS-7 proviene principalmente de su mayor producción obtenida, más que de diferencias en costos directos de insumos. Incluso ante escenarios razonables de variación del precio de venta, la rentabilidad de HGS-7 se mantiene más robusta, por lo que se recomienda como opción prioritaria cuando el objetivo sea maximizar rendimiento y utilidad.



## **2.7 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación**

**Hipótesis principal:** “Si se activa el probiótico HGS-7 con polvillo de arroz y melaza, el amonio debería bajar con fuerza y los camarones deberían crecer más que usando solo NTS-6”.

La hipótesis se cumplió: el tratamiento T2 redujo el amonio hasta en un 40 % y los camarones terminaron con un gramaje promedio 15 % mayor que en el T1.

**Pregunta 1:** ¿La adición de polvillo de arroz y melaza al probiótico HGS-7 incrementa la eficiencia de nitrificación en el cultivo de camarón?

**Respuesta:** Con la métrica utilizada en esta tesis (amonio en suelo pre-post), no se obtuvo evidencia estadísticamente significativa de mejora atribuible al tratamiento con polvillo y melaza. Se observaron descensos descriptivos, pero no concluyentes debido a la baja replicación y al tipo de medición. Para contrastar formalmente la eficiencia de control de amonio, se recomienda aumentar réplicas temporales y mantener un seguimiento semanal consistente, manteniendo el resto del plan de monitoreo que ya aplicaste.

**Pregunta 2:** ¿El uso de fuente de carbono a enriquecido con HGS-7 resulta en un mejor desempeño productivo (biomasa y supervivencia) de *Litopenaeus vannamei*?

**Respuesta:** Sí, para crecimiento (biomasa/peso final): se comprobó diferencia significativa a favor del tratamiento con polvillo y melaza. En cuanto a supervivencia, con la información disponible no se cuenta con evidencia inferencial concluyente; se sugiere mantener el registro y, de ser posible, planificar el análisis estadístico de supervivencia en próximos ciclos.

**Pregunta 3:** ¿Es rentable la implementación de esta tecnología simbiótica en condiciones comerciales?

**Respuesta:** Sí. En el análisis económico ambos tratamientos resultaron rentables, y el esquema con polvillo y melaza mostró mayor rentabilidad en las condiciones evaluadas, explicada principalmente por su mayor producción. Se recomienda sostener esta evaluación con análisis de sensibilidad por ciclo (precio de venta, costo de energía y de insumos).

## 2.8 RECOMENDACIONES

- Estandarizar el manejo del tratamiento. Definir un protocolo simple para activar y dosificar polvillo de arroz, melaza (receta, tiempos y frecuencia), aplicando dosis pequeñas y frecuentes y asegurando aireación suficiente y pH estable durante y después de cada aplicación.
- Monitoreo operativo consistente. Medir siempre a la misma hora y en los mismos puntos pH, temperatura, salinidad, conductividad/TDS y oxígeno disuelto; registrar amonio en suelo antes y después del ciclo, y biomasa/peso con un submuestreo uniforme. Llevar bitácora única que relacione manejo y observaciones del estanque.
- Fortalecer el diseño y el análisis. Replicar tratamientos en estanques de tamaño similar (o alternarlos por ciclos), aumentar réplicas temporales y usar un plan estadístico claro: descriptivos, t de Student para comparar peso final y correlaciones para interpretar la relación entre agua y crecimiento, reportando supuestos y tamaño del efecto.
- Gestión económica por ciclo. Hacer costeo completo (insumos, energía, mano de obra) y un análisis de sensibilidad a variaciones de precio de venta y costos clave; elegir el tratamiento no solo por el rendimiento puntual, sino por su rentabilidad sostenida en escenarios realistas.

### 3.6. Referencias bibliográficas

- Abdulrahman, N. M. (2016). *Comparative effect of probiotic (Saccharomyces cerevisiae), prebiotic (Fructooligosaccharide) and their combination on some blood indices in young common carp (Cyprinus carpio L.): Nasreen M. Abdulrahman and Vian M. Ahmed.. The Iraqi Journal of Veterinary*. Obtenido de <https://doi.org/10.30539/TRAQIJVM.V40I1.131>
- Acuicola, I. (2017). El Parámetro de Calidad del Agua a Menudo Ignorado: pH. En *Industria Acuicola* (Vol. 13, págs. 8-14). Obtenido de [https://issuu.com/industriaacuicola/docs/revista13.3\\_impresionchecklis](https://issuu.com/industriaacuicola/docs/revista13.3_impresionchecklis)
- Aragón, E. (2016). Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multimodelo. En *Latin american journal of aquatic research* (Vol. 44, págs. 480-486). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v44n3/art06.pdf>
- Araujo Chévez, C. I. (2010). *Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica. Universidad de El Salvador*, . Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/2370/1/Cuantificaci%C3%B3n\\_de\\_plomo%2C\\_mercurio\\_y\\_cadmio\\_en\\_agua\\_de\\_consumo\\_humano\\_de\\_cinco\\_comunidades\\_de\\_El\\_Salvador\\_por\\_espectrofotometr%C3%ADa\\_de\\_absorci%C3%B3n\\_at%C3%B3mica.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2370/1/Cuantificaci%C3%B3n_de_plomo%2C_mercurio_y_cadmio_en_agua_de_consumo_humano_de_cinco_comunidades_de_El_Salvador_por_espectrofotometr%C3%ADa_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica.pdf).
- Arkeas, L. (2015). Obtenido de Linked in: <https://ec.linkedin.com/company/arkeaslabec>
- Balod. (2021). Importación de camarón en China. En *Aquacultura* (págs. 68-70). Obtenido de <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion139>
- Boyd. (2018). *Revisando el desequilibrio iónico en el cultivo de camarón a baja salinidad*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/>
- Campbell, J. (1973). Nitrogen excretion. In: Prosser, C.L. (Ed.). *Comparative Animal Physiology*. Third edition. W.B. Sanders, Philadelphia. U.S.A.



- Chen, J. y. (1989). Effect of ammonia at different pH levels on *Penaeus monodon* postlarvae. En *Asian Fisheries Science* (págs. 233-238).
- Chephamsinhhocbio. (2021). *Instrucciones sobre cómo utilizar la melaza en la cría de camarones*. . Obtenido de Chephamsinhhocbio. : <https://chephamsinhhocbio.com/tin-tuc/huong-dan-cach-dung-mat-ri-duongtrong-nuoi-tom-105.html>
- Chi, Z. L. (2016). Bio-products produced by marine yeasts and their potential applications. In *Bioresource Technology* . Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.039>
- Chica, D. (2019). *Comparación del crecimiento y supervivencia en etapa de engorde de Litopenaeus vannamei con tres frecuencias de alimentación (Tesis de Postgrado)* Universidad Nacional De Tumbes. TUMBES, PERU.
- Curbelo, C. &. (2021). Tratamiento químico de residuos de camarón para la obtención de quitina. En *Revista Centro Azúcar* (Vol. 48, págs. 103-116). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v48n2/2223-4861-caz-48-02-103.pdf>
- Davila. (2022). *Relación entre los niveles de oxígeno y la turbidez del agua en cultivos de camarón blanco (Litopenaeus vannamei)*. UTMACH.
- Emerson, K. R. (1975). *Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature*:. Journal of the Fisheries Board of Canada, 32(12), 2379-2383.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma.
- Fuentes, G. G. (Universidad del Salvador, 45. SAN SALVADOR, El Salvador. de 2014). *Utilización de melaza como fertilizante orgánico de estanques camaroneros durante la fase de engorde del camarón marino (Litopenaeus vannamei)*. . Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5917/>
- García, C. (7 de November de 2013). Obtenido de Parámetros fisicoquímicos del agua: <http://albeitar.portalveterinaria.com/imprimir-noticia.asp?noti=12664>

- García, S. J. (2018). *Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2). 21- 3.
- Gayuh, W. (2020). *Uso de melaza en estanques de camarones*. *Jala Tech*, 4, 1, 365374. . Obtenido de [https://app.jala.tech/kabar\\_udang/penggunaan-molase-ditambakudang?redirect=https%3A%2F%2Fapp.jala.tech%2Fkabar\\_udang%3Fcategory%3Dbudidaya%26page%3D3](https://app.jala.tech/kabar_udang/penggunaan-molase-ditambakudang?redirect=https%3A%2F%2Fapp.jala.tech%2Fkabar_udang%3Fcategory%3Dbudidaya%26page%3D3)
- Gómez, J. M. (2020). Disrupción, resiliencia y evolución del sector camaronero ecuatoriano entre 2010 y 2019. Obtenido de <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.413>
- Gonzaga, S., Morán, G., & Brito, B. (2016). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus04117.pdf>
- González, A. (2018). Prácticas ambientales y competitividad de las PYMES bananeras del cantón Machala, provincia el Oro, Ecuador. En *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*(43) (págs. 1-21). Obtenido de <https://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/download/614/827/>
- Google Earth. (3 de abril de 2017). Obtenido de <https://earth.google.com/earth/d/1uSf4T25dlh-SLZ2mddgkLIq9CmjyAxJ5?usp=sharing>
- Hargreaves, J. A. (1998). *Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds* (Vol. 166). Aquaculture. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848698002981?via%3Dihub>
- Hernández et al. (2019). *Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola*. *Universidad CES*, 14, 1. Obtenido de :<https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>
- Hernández et al. (2019). *Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola*. *Universidad CES*, 14, 1. Obtenido de <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>
- Hernández, J. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. La Paz: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. Obtenido de

[http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/505/hernandez\\_j.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/505/hernandez_j.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ibarra, D. (2015). Tratamiento de lixiviados provenientes de residuos de manejo especial aplicando la biorremediación. Mexico: Universidad Autónoma de Nayarit. Obtenido de <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1372/2015%20TRATAMIENTO%20DE%20LIXIVIADOS%20PROVENIENTES%20DE%20RESIDUOS%20DE%20MANEJO%20ESPECIAL%20APLICANDO%20LA%20BIORREMEDIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kwon, Y. M. (2020). Characterization of Amylolytic Activity by a Marine-Derived Yeast *Sporidiobolus pararoseus*. En *PH-Gra1. Mycobiology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1763100>
- Ladino. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces. En *Orinoquia* (Vol. 15, págs. 48-61). Obtenido de <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/42/69>
- Lezama, C. P. (2010). Biorremediación de los efluentes de cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) utilizando tapetes microbianos en un sistema de recirculación. En *Latin american journal of aquatic research*, 38(1), (págs. 129-142.). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v38n1/art12.pdf>
- Marín, L. &. (2018). Aislamiento de bacterias degradadoras de pesticidas organofosforados encontrados en suelos y en leche bovina. En *Revista chilena de nutrición*, 48(2), (págs. 179-185). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art10.pdf>
- Martínez, V. M. (julio de 2015). Comportamiento del crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*, utilizando alimento comercial: para tilapia al 28% vs. para camarón al 30%. En *Revista Científica de la UNAN-León* (Vol. 6 (1), págs. 65-71). Obtenido de Revista Científica de la UNAN-León: <http://revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/viewFile/10>



- Meza, M. C. (2017). Indicadores para el monitoreo de la calidad del suelo en áreas periurbanas. Valle de Quillota, Cuenca del Aconcagua, Chile. En *Interciencia* (Vol. 42(8), págs. 494-502). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33952871003.pdf>
- Moraga. (2015). *Salinidad y temperatura óptimas para reproducción ovípara y desarrollo de Artemia franciscana*. Scielo.
- Muñoz, M. (2022). *Análisis de la calidad de agua en cultivo de larvas de camarón aplicando índice de calidad de agua ICA (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022).*
- Ortega Mendoza, J. L. (2020). *Evaluación de compuestos nitrogenados totales en agua residual mediante enzimas y bacterias nitrificantes comerciales en la camaronera GRANCOMAR S.A. Universidad Agraria del Ecuador*. Obtenido de Evaluación de compuestos nitrogenados totales en agua residual mediante enzimas y bacterias nitrificantes comerciales en la camaronera GRANCOMAR S.A: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ORTEGA%20MENDOZA%20JORGE%20LUIS.pdf>
- Popov et al. (2020). *Overview of Metabiotics and Probiotic Cultures During Fermentation of Molasses*. Sys Rev Pharm, 11, 9, 813-817. doi:doi:10.31838/srp.2020.9.115.
- Primicias. (19 de febrero de 2021). Obtenido de Balanza comercial cierra con superávit por caída de las importaciones.: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/balanza-comercial-superavit-ecuador-2020/>
- Rajasekar et al. (s.f.). *Synergetic effect of probiotic, molasses and immunostimulant supplementation on the production of white leg shrimp Litopenaeus vannamei Boone, 1931*. ResearchGate, 49, 5, 820-828. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/344136122\\_Synergetic\\_effect\\_of\\_probiotic\\_molasses\\_and\\_immunostimulant\\_supplementation\\_on\\_the\\_production\\_of\\_white\\_leg\\_shrimp\\_Litopenaeus\\_vannamei\\_Boone\\_1931](https://www.researchgate.net/publication/344136122_Synergetic_effect_of_probiotic_molasses_and_immunostimulant_supplementation_on_the_production_of_white_leg_shrimp_Litopenaeus_vannamei_Boone_1931)
- Romero, M. (2020). M.r. Acuipro. Acuicultura - investigación – producción. Pol. Conocimiento . Vol. 5, No 08, 1 - 12.

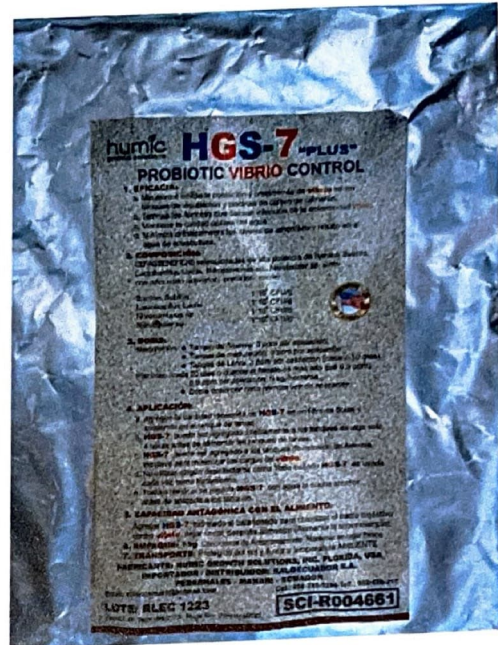
- Salazar, V. (2017). *Cultivo Intensivo de Camarón Blanco Litopenaeus vannamei en sistemas*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Solórzano, L. &. (2019). Aceptabilidad de mortadela a base de carne de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y carne de cerdo. En *PRO-SCIENCES: REVISTA DE PRODUCCIÓN, CIENCIAS E INVESTIGACIÓN* (Vol. 3(18), págs. 24-28). Obtenido de <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/109/212>
- Sprague, J. (1969). Measurement of pollutant toxicity to fish. I. Bioassay methods for acute toxicity. En *Water Research* (Vol. 3, págs. 793-821).
- Thakur, K. (2018). *Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (Litopenaeus vannamei) farming in four Vietnam Provinces*. Charlottetown, Canada: Aquaculture Research.
- Thurston, R. R. (1981). *Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized*. Environmental Science & Technology, 15: 837-840.
- Tom. (2018). *Melaza en acuicultura*. Obtenido de <http://123tom.net/mat-duongtrong-nuoi-trong-thuy-san82220u.html#:~:text=C%C3%B4ng%20d%E1%BB%A5ng%20c%E1%BB%A7a%20m%E1%BA%ADt%20%C4%91%C6%B0%E1%BB%9Dng,khi%E1%BA%BFn%20%C4%91%E1%BB%99%20pH%20t%C4%83ng%20cao>.
- Tomalá, C. (2020). *"Bacteria simbiótica marina Pseudovibrio denitrificans excluye vibrios patógenos y modifica la microbiota en camarón"*. Obtenido de <http://www.cenaim.espol.edu.ec/sites/cenaim.espol.edu.ec/files/2020/publicaciones/tesis/2020%20cecilia%20tomala.pdf>
- Trujillo, L. R. (2019). Estrategias Naturales para Mejorar el Crecimiento y la Salud en los Cultivos Masivas de Camarón en Ecuador. En *Bionatura*, 2(2) (págs. 318-325). Obtenido de [http://revistabionatura.com/files/2017\\_vlfhmudb.02.02.8.pdf](http://revistabionatura.com/files/2017_vlfhmudb.02.02.8.pdf)
- Ulloa, T. R. (2015). *El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón (Litopenaeus vannamei)*. Tesis Ing. Machala. Ecuador. 74 p.

- Ullsco, E. G. (2021). Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, período 2015-2019. En *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, (Vol. 4, págs. 113-119). Obtenido de <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/418/43>
- Vega, F. A. (2019). La productividad del sector camaronero en la provincia del Oro y su impacto al medio ambiente. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/240/260/>
- Vela, G. L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. En *Investigaciones geográficas*(77) (págs. 18-30). Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>
- Velasquez P.C., S. J. (2023). Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* con agua dulce en el Sur del Ecuador. Obtenido de <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200074>
- Villegas Sandoval, K. J. (2023). *Calidad de agua en el engorde del “camarón blanco” Litopenaeus vannamei Boone. 1931*, en Ecoacuicola SAC Chapairá, Piura, Perú.
- Xue, Y. L. (2021). Los efectos de diferentes fuentes de carbono en el entorno de producción y los parámetros de reproducción de *Litopenaeus vannamei*. Obtenido de Aquaculture: <https://doi.org/10.3390/w13243584>
- Zhang et al. (2020). *Microbial production of value-added bioproducts and enzymes from molasses, a by-product of sugar industry*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814620327229>
- Zoppas, F. M. (2018). *Purificação de água: eliminação de nitratos, nitritos e compostos orgânicos utilizando catalisadores em pó e estruturados*.



### 3.7. ANEXOS

#### Anexo 1. Bacteria NTS-6 y Bacteria HGS-7



#### Anexo 2. Recolección de lodo en el suelo camaronero





**Anexo 3. Muestra de suelo rotulados antes y después de la cosecha**



**Anexo 4. Melaza y polvillo de arroz**



**Anexo 5. Preparación para la activación de la bacteria HSG-7 y medición de pH**

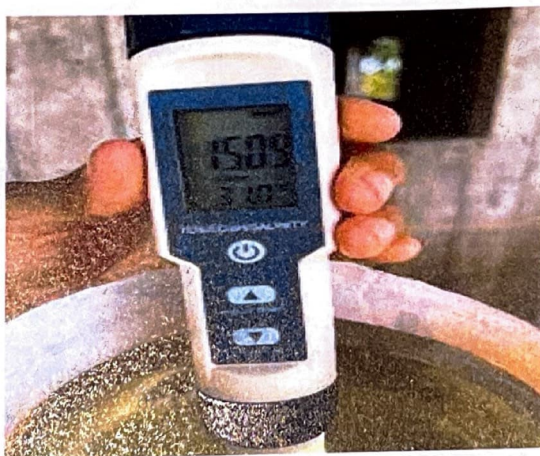




**Anexo 6. Preparación para la activación de bacteria segunda dosis**



**Anexo 7. Monitoreo de parámetros de agua**



**Anexo 8. Lances de atarraya y pesaje del camarón para la biomasa**





# Anexo 9. Resultados de análisis de suelo antes de la siembra en piscina 1



## RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

| Datos del cliente |                           | Referencia        |           |
|-------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
| Cliente:          | Sr. CARRION JORGELY JESÚS | Número Muestra:   | 113       |
| Propiedad:        |                           | Fecha de ingreso: | 23/1/2025 |
| Cultivo:          | SUELO PISCINA CAMARÓN     | Impreso:          | 12/2/2025 |
| Identificación    |                           | Fecha de Entrega: | 12/2/2025 |

Identificación del lote:

PISCINA 1

|              |          |       |         |                 |           |         |           |      |  |
|--------------|----------|-------|---------|-----------------|-----------|---------|-----------|------|--|
| Profundidad: |          |       |         |                 |           |         |           |      |  |
| pH           | C.E      | M.O   | NH4     | P               | S         | K       | Ca        | Mg   |  |
| En Agua      | ds/m     | %     |         | ppm             |           |         | meq/100 g |      |  |
| 6,20         | 9,82     | 12,65 | 37,40   | 17,75           | 285,11    | 3,36    | 16,00     | 3,70 |  |
| L.Ac         | M.F.S    | A     | M       | A               | A         | A       | A         | A    |  |
| Na           | Al+H     | Al    | Σ bases | TEXTURA (%)     |           |         | Cu        | B    |  |
|              |          |       |         | Arena           | Limo      | Arcilla | ppm       |      |  |
|              | meq/100g |       | 23,06   |                 |           |         | 2,40      | 9,11 |  |
|              |          |       | A       | CLASE TEXTURAL: |           |         | M         | A    |  |
| Fe           | Zn       | Mn    | Ca/Mg   | Mg/K            | (Ca+Mg)/K |         |           |      |  |
|              | ppm      |       | R1      | R2              | R3        |         |           |      |  |
| 50,0         | 12,80    | 19,00 | 4,32    | 1,10            | 5,86      |         |           |      |  |
| A            | A        | A     | O       | B               | B         |         |           |      |  |

## INTERPRETACIÓN

| Textura                 | Elementos     | pH                          | Conductividad eléctrica         |
|-------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Fco. = Franco           | SB = Muy Bajo | M.Ac. = Muy Ácido           | N.S. = No salino                |
| Fco.Ar = Franco Arenoso | B = Bajo      | Ac. = Ácido                 | L.S. = Ligeramente salino       |
| Ar. = Arenoso           | SA = Ácido    | Ma.Ac. = Medianamente Ácido | S. = Salino                     |
| Ar. = Arenoso           | A = Alto      | L.Ac. = Ligeramente Ácido   | M.S. = Muy Salino               |
| Li. = Lirioso           | O = Óptimo    | P.N. = Prácticamente Neutro | M.F.S. = Muy fuertemente salino |

| Determinación  | Metodología             | Extractante        |
|----------------|-------------------------|--------------------|
| P, NH4         | Potenciometría          | Suelo-Agua (1:2.5) |
| K, Ca, Mg      | Conductimetría          | No Aplica          |
| Zn, Cu, Fe, Mn | Modificado de Bouyoucos | No Aplica          |
| S              | Volumetría              | KCl 1N             |
| B              |                         |                    |
| Cl             |                         |                    |
| M.O            |                         |                    |

Dra. Luz María Martínez  
LABORATORISTA

Calle Río Chumbiza N° 602 y Zamora (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)  
Teléfono:  
2753-607

M&J

## Anexo 10. Resultados de análisis de suelo antes de la siembra en la piscina 2



### RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

| Datos del cliente |                          | Referencia        |           |
|-------------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| Cliente:          | Sr CARRION JORGELY JESÚS | Número Muestra:   | 114       |
| Propiedad:        |                          | Fecha de Ingreso: | 23/1/2025 |
| Cultivo:          | SUELO PISCINA CAMARÓN    | Impreso:          | 12/2/2025 |
| Identificación    |                          | Fecha de Entrega: | 12/2/2025 |

Identificación del lote:

**PISCINA 2**

| Profundidad: |          | C.E   | M.O     | NH4   | P           | S      | K       | Ca        | Mg    |
|--------------|----------|-------|---------|-------|-------------|--------|---------|-----------|-------|
| pH           |          | da/m  | %       |       | ppm         |        |         | meq/100 g |       |
| En Agua      |          | 13,35 | 13,18   | 61,25 | 30,37       | 283,91 | 3,57    | 16,00     | 3,75  |
| Me.Ac        |          | M.F.S | A       | A     | A           | A      | A       | A         | A     |
| Na           | Al+H     | Al    | Σ bases |       | TEXTURA (%) |        |         | Cu        | B     |
|              | meq/100g |       |         | 23,32 | Arena       | Limo   | Arcilla | ppm       |       |
|              |          |       |         | A     |             |        |         | 1,80      | 12,10 |

| Fe   | Zn    | Mn    | Ca/Mg | Mg/K | (Ca+Mg)/K |
|------|-------|-------|-------|------|-----------|
|      | ppm   |       | R1    | R2   | R3        |
| 54,7 | 11,50 | 15,60 | 4,27  | 1,05 | 5,53      |
| A    | A     | A     | O     | B    | B         |

### INTERPRETACIÓN

| Textura                 | Elementos     | pH                           | Conductividad eléctrica         |
|-------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------------|
| Fco. = Franco           | MB = Muy Bajo | M.Ac. = Muy Ácido            | N.S. = No salino                |
| Fco.Ar = Franco Arenoso | B = Bajo      | Ac. = Ácido                  | L.S. = Ligeramente salino       |
| Arc. = Arcilloso        | M = Medio     | Mi.Ac. = Medianamente Ácido  | S. = Salino                     |
| Ar. = Arenoso           | A = Alto      | L.Ac. = Ligeramente Ácido    | M.S. = Muy Salino               |
| Li. = Limoso            | O = Óptimo    | P. H. = Prácticamente Neutro | M.F.S. = Muy fuertemente salino |

| Determinación  | Metodología     | Extracción     |
|----------------|-----------------|----------------|
| P, NH4         | Colorimetría    | Cibola         |
| K, Ca, Mg      | Absorción       | Nitrato        |
| Zn, Cu, Fe, Mn | Atómica         | pH 9.5         |
| S              | Turbidimetría   | Positivo de Ca |
| B              | Colorimetría    | Monobásico     |
| Cl             | Volumetría      | Peso Sulfato   |
| M.O            | Walkley y Black | No Aplica      |

| Determinación | Metodología               | Extractante        |
|---------------|---------------------------|--------------------|
| pH            | Potenciometría            | Suelo-Agua (1:2.5) |
| CE            | Conductimetría            | No Aplica          |
| Textura       | Gravimétrica de Bouyoucos | No Aplica          |
| Ca + P        | Volumetría                | KCl 1N             |

Dra. Luz María Martínez  
LABORATORISTA

Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras  
de la Clínica Arriño margen izquierdo)  
Teléfono:  
2782-607

M&J

## Anexo 1. Resultados de análisis después cosecha en la piscina 1



### RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

| Datos del cliente |                           |  | Referencia        |           |
|-------------------|---------------------------|--|-------------------|-----------|
| Cliente:          | Sr. CARRION JORGELY JESUS |  | Número Muestra:   | 123       |
| Propiedad:        |                           |  | Fecha de ingreso: | 5/4/2025  |
| Cultivo:          | SUELO PISCINA CAMARON     |  | Impreso:          | 14/4/2025 |
| Identificación:   |                           |  | Fecha de Entrega: | 14/4/2025 |

Identificación del lote: **PISCINA 1**

Profundidad:

| pH      | C.E      | M.O  | NH4     | P               | S         | K       | Ca        | Mg   |
|---------|----------|------|---------|-----------------|-----------|---------|-----------|------|
| En Agua | ds/m     | %    |         | ppm             |           |         | meq/100 g |      |
| 7,1     | 7,5      | 11,2 | 35      | 16,5            | 270       | 3,2     | 15,51     | 3,5  |
| P.N     | M.S      | A    | M       | A               | A         | A       | A         | A    |
| Na      | Al+H     | Al   | Σ bases | TEXTURA (%)     |           |         | Cu        | B    |
|         | meq/100g |      |         | Arena           | Limo      | Arcilla | ppm       |      |
|         |          |      | 22,2    |                 |           |         | 2,17      | 8,91 |
|         |          |      | A       | CLASE TEXTURAL: |           |         | M         | A    |
| Fe      | Zn       | Mn   | Ca/Mg   | Mg/K            | (Ca+Mg)/K |         |           |      |
|         | ppm      |      | R1      | R2              | R3        |         |           |      |
| 48      | 12,2     | 18   | 4,43    | 1,09            | 5,67      |         |           |      |
| A       | A        | A    | O       | B               | B         |         |           |      |

### INTERPRETACIÓN

| Textura                 | Elementos    | pH                           | Conductividad eléctrica         |
|-------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| Fco. = Franco           | MB= Muy Bajo | M.Ac. = Muy Ácido            | N.S. = No salino                |
| Fco.Ar = Franco Arenoso | B = Bajo     | Ac. = Ácido                  | L.S. = Ligeramente salino       |
| Arc. = Arcilloso        | M = Medio    | Me.Ac. = Medianamente Ácido  | S. = Salino                     |
| Ar. = Arenoso           | A = Alto     | L.Ac. = Ligeramente Ácido    | M.S. = Muy Salino               |
| Li. = Limoso            | O = Óptimo   | P. N. = Prácticamente Neutro | M.F.S. = Muy fuertemente salino |

| Determinación       | Metodología     | Extractante    |
|---------------------|-----------------|----------------|
| P, NH4 <sup>+</sup> | Colorimetría    | Olsen          |
| K, Ca, Mg           | Absorción       | Modificado     |
| Zn, Cu, Fe, Mn      | Atómica         | pH 8,5         |
| S                   | Turbidimetría   | Fosfatos de Ca |
| B                   | Colorimetría    | Monobásico     |
| Cl                  | Volumetría      | Pasta Saturada |
| M.O                 | Walkley y Black | No Aplica      |

| Determinación | Metodología             | Extractante        |
|---------------|-------------------------|--------------------|
| pH            | Potenciometría          | Suelo-Agua (1:2,5) |
| CE            | Conductimetría          | No Aplica          |
| Textura       | Modificado de Bouyoucos | No Aplica          |
| Al            |                         |                    |
| Al + H        | Volumetría              | KCl 1N             |

Dra. Luz María Martínez  
LABORATORISTA

Calle Río Chanchira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras  
de la Clínica Araujo margen izquierdo)  
Teléfono:  
2752-607

M&J



## Anexo 2. Resultados de análisis después de la cosecha en la piscina 2



### RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

| Datos del cliente |                           | Referencia        |           |
|-------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
| Cliente:          | Sr. CARRION JORGELY JESUS | Número Muestra:   | 124       |
| Propiedad:        |                           | Fecha de ingreso: | 5/4/2025  |
| Cultivo:          | SUELO PISCINA CAMARÓN     | Impreso:          | 14/4/2025 |
| Identificación:   |                           | Fecha de Entrega: | 14/4/2025 |

Identificación del lote: **PISCINA 2**

| Profundidad: |          |     |         |                 |           |         |           |      |
|--------------|----------|-----|---------|-----------------|-----------|---------|-----------|------|
| pH           | C E      | M.O | NH4     | P               | S         | K       | Ca        | Mg   |
| En Agua      | ds/m     | %   |         | ppm             |           |         | meq/100 g |      |
| 7.05         | 11.22    | 12  | 59      | 28              | 275       | 3.4     | 15.8      | 3.6  |
| P.N          | M.F.S    | A   | A       | A               | A         | A       | A         | A    |
| Na           | Al+H     | Al  | Σ bases | TEXTURA (%)     |           |         | Cu        | B    |
|              | meq/100g |     |         | Arena           | Limo      | Arcilla | ppm       |      |
|              |          |     | 22.8    |                 |           |         | 1.7       | 11.5 |
|              |          |     | A       | CLASE TEXTURAL: |           |         |           |      |
| Fe           | Zn       | Mn  | Ca/Mg   | Mg/K            | (Ca+Mg)/K |         |           |      |
|              | ppm      |     | R1      | R2              | R3        |         |           |      |
| 52           | 11       | 15  | 4.39    | 1.06            | 5.51      |         |           |      |
| A            | A        | A   | O       | B               | B         |         |           |      |

### INTERPRETACIÓN

| Textura                 | Elementos    | pH                           | Conductividad eléctrica         |
|-------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| Fco. = Franco           | MB= Muy Bajo | M.Ac. = Muy Ácido            | N.S. = No salino                |
| Fco.Ar = Franco Arenoso | B = Bajo     | Ac. = Ácido                  | L.S. = Ligeramente salino       |
| Arc. = Arcilloso        | M = Medio    | Me.Ac. = Medianamente Ácido  | S. = Salino                     |
| Ar. = Arenoso           | A = Alto     | LAC. = Ligeramente Ácido     | M.S. = Muy Salino               |
| Li. = Limoso            | O = Óptimo   | P. N. = Prácticamente Neutro | M.F.S. = Muy fuertemente salino |

| Determinación  | Metodología     | Extractante    |
|----------------|-----------------|----------------|
| P, NH4         | Colorimetría    | Olsen          |
| K, Ca, Mg      | Absorción       | Modificado     |
| Zn, Cu, Fe, Mn | Atómica         | pH 8.5         |
| S              | Turbidimetría   | Fosfatos de Ca |
| B              | Colorimetría    | Monobásico     |
| Cl             | Volumetría      | Pasta Saturada |
| M.O            | Walkley y Black | No Aplica      |

| Determinación | Metodología             | Extractante        |
|---------------|-------------------------|--------------------|
| pH            | Potenciometría          | Suelo-Agua (1:2.5) |
| CE            | Conductimetría          | No Aplica          |
| Textura       | Modificado de Bouyoucos | No Aplica          |
| Al            |                         |                    |
| Al + H        | Volumetría              | KCl 1N             |

Dra. Luz María Martínez  
LABORATORISTA

Calle Río Chaulinra N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)  
Teléfono:  
2752-6937

M&J